

- за C/A кодом і фазою несучого сигналу (двочастотний фазовий приймач);
- за P-кодом і фазою несучого сигналу (двочастотний фазовий приймач).

Використаний в GPS-приймачі спосіб синхронування і є чи не найважливішою його характеристикою.

Спосіб спостереження. Складна структура сигналу, який передається з ШСЗ на приймач, обумовлює різноманітність способів його обробки і спостереження.

Кодові спостереження реалі-зуються в самих простих за конструкцією GPS-приймачах. Прийнятого із супутника сигналу частоти L1 виділяється C/A код (тоді приймач називається одночастотним) або з частотних сигналів L1 і L2 виділяється P-код (двочастотний приймач). Виконується порівняння відповідного коду з еталонним кодом, який генерує сам приймач.

Точність визначення координат при цьому складає:

- для одночасного (L1) приймача 100м;
- для двочастотного (L1, L2) приймача 16м;

Точність приведеного для несприятливого режиму вимірів, коли включений режим “органічного доступу” SA.

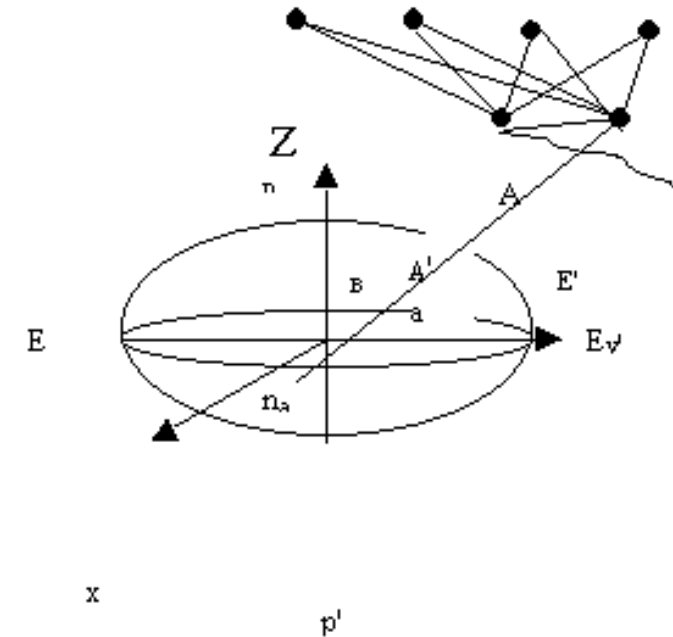
Фазові спостереження. Фазові спостереження виконуються для спостереження точності вимірів. В цьому випадку при порівнянні отриманого зі супутника сигналу і його еталона, генеруемого в приймачі, враховується не тільки код, але і фаза несучої частоти (L1 або L2). Так як період несучої частоти в сотні раз (для P кода) і тисячі (для C/A-кода) раз менший періодів кодових послідовностей, точність процедури порівняння значно підвищується, а, отже, зростає точність вимірювання координат. Проте в цьому випадку виникає проблема цілочислені фазової неоднозначності,

2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОНОМІКИ І УПРАВЛІННЯ

Р.М. ЛІТНАРОВИЧ

ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ



12
13
14
15
16
17
18
19
20

Частина 2

Конспект лекцій для студентів – заочників спеціальностей
Землепорядкування та кадастр і Геоінформаційні системи і
технології

Чернігів - 2005

УДК 378.147.31

Літнарів Р.М. Геодезичні прилади. Частина 2.

Конспект лекцій для студентів-заочників спеціальностей
Землевпорядку-вання та кадастр і Геонформаційні системи і
технології. ЧДІЕіУ, Чернігів, 2005,-103 с.

Рецензент: Кравцов М.І. доцент,
кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: Бурачек В.Г. професор,
доктор технічних наук

© Р.М.Літнарів

2 точності навігаційних визначень приблизно у 3 рази.

3 Так як Р-код передається на двох частотах (L1 і L2), а
4 С/А – код – на одній (L1), в GPS-приймачах, які працюють по
5 Р-коду, частково комплектується похибка затримки сигналу в
6 іоносфері, яка залежить від частоти сигналу. Точність
7 автономного визначення відстані по Р-коду приблизно на
8 порядок вище, ніж С/А-коду.

9 Сегмент управління. Становить головну станцію
10 управління (авіабаза Фолькон в шт.Колорадо), п'ять станцій
11 слідування, розміщені на американських військових базах на
12 Гаванських островах, островах Вознесіння, Дієго-Гарсія,
13 Кваджелейн і Колорадо-Спрінгс. І три станції закладки
14 (острови Вознесіння, Дієго-Гарсія, Кваджелейн слідування
15 за ШСЗ, які використовують спос-тереження для уточнення
16 параметрів атмосфери і траєкторій руху супутників). Зібрана
17 інформація обробляється в суперкомп'ютерах і періодично
18 передається на супутники для перевірки орбіт і оновлення
19 навігаційного повідомлення.

20 Приклади користувачів. В прикладах користувачів (GPS-
21 приймачі) приймаючий сигнал декодується, тобто із нього
22 виділяються колові послідовності С/А чи С/А і Р, а також
23 службова інформація. Отриманий код порівнюється з
24 аналогічним кодом, який генерує сам GPS-приймач, після
25 чого визначає затримку поширення сигналу від супутника і
26 таким чином вираховується псевдо дальність. Після захвату
27 сигналу супутника апаратура приймача перетворюється в
28 режим слідування, тобто в БПС підтримується синхронізм
29 між приймальним і опорним сигналами.

30 Процедура синхронізації може виконуватись:
31 •за С/А кодом (одно частотний кодовий приймач);
32 •за Р-кодом (двочастковий кодовий приймач);

фоні шумів (доведено, що псевдо випадкові коди мають такі властивості);

- реалізація режиму обмеженого доступу до GPS, коли високоточні виміри можливі лише при санкціонованому використанні системи.

Код вільного доступу C/ (Coarse Acquisition) має частоту імпульсів (які інакше звать “чіпами”) 1,023 МГц і період повторення 0,001сек., тому його декодування у приймачі робиться достатньо просто. Однак, точність автономних вимірів віддалей з його допомогою невисока.

Захищений код P (Protected) характеризується частотою про-ходження імпульсів 10,23 МГц і періодом повторення 7 діб. Крім цього, раз за тиждень проходить зміна. Тому, до недавнього часу виміри по P-коду могли виконувати тільки користувачі, які отримали дозвіл Міністерства оборони США. Однак, і це “потаємне” стало “явним” в результаті витоку секретної інформації, після чого до P-коду отримало доступ широке коло спеціалістів. Американське оборонне відомство прийняло міри додаткового захисту P-коду: в будь-який час без повідомлення може бути включений режим AS (Anti Spoofing). При цьому виконується додаткове кодування P-коду, і він перетворюється у Y-код. Розшифровка Y-коду можлива лише апаратно, з використанням спеціальної мікросистеми (криптографічного ключа), яка встановлюється у GPS-приймачі.

Крім того, для точності визначення координат несанкціонованими користувачами передбачений так званий “режим вибіркового доступу” SA (Selective Availability). При включенні цього режиму в навігаційне повідомлення намірено вводиться спотворена інформація про поправки до системного часу і орбіт ШСЗ, що призводить до зниження

ЗМІСТ

2	
3	
4	
5	
6	
7	Передмова.....4
8	
9	Лекція 1. Електронні тахеометри і їх використання при
10	польових кадастро-вих роботах.....5
11	
12	Лекція 2. Практичне застосування електронного тахеометра
13	ELTA 50.....14
14	
15	Лекція 3. Принципи роботи системи GPS28
16	
17	Лекція 4. Практичні роботи з GPS.....59
18	
19	Лекція 5. Визначення координат пункту за вимірними
20	псевдовідстаннями, отриманими із GPS спостережень.....81
21	
22	Література.....102
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	

Передмова

Сучасні геодезичні прилади зручні в роботі, високопродуктивні, забезпечують високу точність вимірювань. Їх правильна експлуатація потребує від виконавців робіт поглиблених знань. Тому, в навчальні плани землевпорядних спеціальностей включена дисципліна “геодезичні прилади”, яка читається в ЧДІЕіУ.

У другій частині конспекту лекцій розглядається електронний тахеометр як багатофункціональний геодезичний прилад, який складається із цифрового теодоліта, світловід-далеміра з вмонтованою мікро – ЕОМ.

Приводиться практичне засто-сування електронного тахеометра ELTA 50, який є простим в експлуатації, швидкодіючий і відносно не дорогий.

Особлива увага акцентується на питаннях ініціалізації приладу, меню і режимів вимірів, безпосередньому процесу вимірів, визначенні координат.

Висвітлюється питання принципу роботи системи GPS, розглядається космічний сегмент, сегмент управління, апаратура користувачів, способи спостережень, джерела похибок.

Приділяється увага питанням практичної роботи з GPS: підготовчі роботи, польові виміри, обробка результатів вимірів.

Відображаються питання оцінки точності визначення координат пункту із GPS спостережень.

2 •власне GPS-приймачі (апаратура користувача).

3

4 Космічний сегмент. Складається із 26 супутників (21
5 основного і 5 запасних), які рухаються на 6 орбітах (рис...).
6 Площини орбіт нахилені на ку приблизно 55° до площини
7 екватора і зрушені між собою на 60° по довготі. Радіуси орбіт
8 – біля 26 тисяч кілометрів, а період обертання – половина
9 зоряної доби (приблизно 11 годин 58 хвилин). На борту
10 кожного супутника є 4 стандарти частоти (два щезієві і два
11 рубідієві для цілей резервування), сонічні батареї, двигуни
12 коректування орбіт, прийомно-передавальна апаратура,
13 комп’ютер.

14 Передаюча апаратура супутника випромінює синусоїдні
15 сигнали на двох несучих частотах:

16

$$L1=1575,42\text{МГц і } L2=1227,6\text{ МГц.}$$

17

18
19 Перед цим сигналом модулюються так званими псевдо
20 випадковими цифровими послідовностями (точніше, ця
21 процедура називається фазовою маніпуляцією). При цьому
22 частота L1 модулюється двома видами кодів: C/A-кодом
23 (код вільного доступу) і P-кодом (код санкціонованого дос-
24 тупу), а частота L2 – тільки P-кодом. Крім цього, обидві
25 несучі частоти додатково кодуються навігаційним
26 повідомленням, у якому є дані про орбіти ШСЗ, інформація
27 про параметри атмосфери, поправки системного блоку.

28 Кодування випромінюваного супутником радіосигналу
29 виконує декілька цілей:

30 •забезпечує можливість синхронізації сигналів ШСЗ і
31 приймача;

32 •створення найкращих умов розрізняти сигнал в апаратурі на

На практиці у вимірах часу завжди присутня похибка, обумовлена неспівпаданням шкал часу ШСЗ і приймача. По цій причині у приймачі обчислюється спотворене значення віддалі до супутника або “псевдо віддалі”. Вимірювання віддалей до всіх ШСЗ, з якими в даний момент працює приймач, проводить одночасно. Таким чином, для всіх вимірів величину часової невідповідності можна вважати постійною. З математичної точки зору це еквівалент тому, що невідомими є не тільки координати X , Y і H , але й поправка годинника приймача Δt . Для їх визначення необхідно виконати вимірювання псевдо віддалей не до трьох, а до чотирьох супутників. В результаті обробки цих вимірів у приймачі обчислюються координати (X, Y і H) і точний час. Якщо приймач встановлений на рухомому об’єкті і, поряд з псевдовіддалями, вимірює доплерівські зсуви частот радіосигналів, то може бути обрахована і швидкість об’єкту.

Таким чином, для виконання необхідних навігаційних визначень необхідно забезпечити постійну видимість з неї, як мінімум, чотирьох супутників. Після повного роцгортання сузір’я ШСЗ в любій точці Землі можуть бути видимі від 5 до 12 супутників у довільний момент часу.

Сучасні GPS-приймачі мають від 5 до 12 каналів, тобто можуть одночасно приймати сигнали від такої кількості ШСЗ. Надлишкові виміри (більше чотирьох) дають можливість підвищити точність координат і забезпечити безперервність вирішення навігаційної задачі.

Структура системи.

У склад системи входять:

- сузір’я ШСЗ (космічний сегмент);
- мережа наземних станцій слідкування і управління (сегмент управління);

2 Лекція 1.

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

Електронні тахеометри і їх використання при польових кадастрових роботах

Відповідно до ГОСТ 21830-76 електронним тахеометром називається тахеометр с електромагнітним далекоміром. Той же ГОСТ тахеометром називає геодезичний прилад, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, довжин ліній і перевищень. В сучасному розумінні електронний тахеометр є багатофункціональний геодезичний прилад, який складається з цифрового теодоліта, світлодалекоміра і вирішує різні геодезичні задачі з допомогою встроеної мікро ЕОМ.

Структурно тахеометр являє собою багатоканальну систему одержання і обробки інформації складеної з лінійних вимірів, горизонтальних кутів і зенітних відстаней.

Для лінійних вимірів в геодезії використовується поле електро-магнітних коливань. Тут можна виділити наступні методи вимірювань: імпульсний, частотний, фазовий, інтерференційний і комбінований (імпульсно-фазовий) [1].

Далекомірні канали сучасних тахеометрів використовують імпульс-ний метод вимірювання віддалей з перетворюванням часового інтервалу.

В цьому способі різниця фаз між опорним і вимірювальними сигналами представляється у вигляді визначеного числа імпульсів. При цьому два види сигналів подаються на електронний ключ. Туди ж від генератора подаються лічильні імпульси. Синусоїдальний опорний і вимірювальний сигнали перетворюються тригерами в

прямокутні імпульси. Початок прямо-кутного імпульсу опорного сигналу відкриває ключ і на електронний лічильник поступають рівно віддалені один від другого по часу лічильні імпульси. Початок прямокутного імпульсу вимірювального сигналу закриває ключ і подача лічильних імпульсів на електронний лічильник завершується. Таким чином, ключ відкритий на протязі часу t , який відповідає вимірювальній різниці фаз $\Delta\varphi = \Omega \cdot t$ (Ω -частота поступаючих на фазометр сигналів). При цьому час t визначається по числу m підрахованих лічильником імпульсів як $t = mT$, де T – період появи лічильних імпульсів. Якщо лічильник цифрового фазометра проградувати в одиницях відстані (частоту появи лічильних імпульсів f вибирають чисельно рівною половині швидкості світла), тоді число імпульсів m буде відповідати лінійній величині доміра.

Вирішення неоднозначності при вимірюваннях (визначення числа N) здійснюється двома відомими способами: плавною зміною частоти і фіксованих частот.

Цифровий спосіб вимірювання різниці фаз відрізняється високою точністю і стійкістю до зміни зовнішніх умов, зручністю зчитування, реєстрації і вводу результатів вимірювань в систему наступної обробки (наприклад в ЕОМ) і тому широко використовується в автоматизації геодезичних вимірів.

Задаючий і допоміжні генератори, підхвачені системою фазової автопідстройки, формують сигнали масштабних, опорних і тактових частот.

Підсилувач-модулятор здійснює модуляцію лазерного випромінювання в різних режимах роботи далекоміра і автоматично регулює вихідну потужність випромінювання в діапазоні робочих температур.

Загальний принцип роботи.

У навколишньому просторі розгорнута мережа штучних супутників Землі (ШСЗ), рівномірно “покриваючих” усю земну поверхню. Орбіта ШСЗ обраховуються з дуже високою точністю, тому в будь-який момент часу відомі координати кожного супутника. Радіопередавачі супутників безперервно випромінюють сигнали в напрямку Землі. Ці сигнали приймаються GPS- приймачем, який знаходиться в деякій точці земної поверхні, координати якої потрібно визначити.

У приймачі вимірюється час поширення сигналу від ШСЗ і обчислюється віддаль “супутник-приймач” (радіосигнал, як відомо, поширюється за швидкістю світла).

Так як для визначення місце-знаходження точки необхідно знати три координати (плоскі координати X , Y і висоту H), то у приймачі повинні бути виміряні віддалі до трьох різних ШСЗ.

Очевидно при такому методі радіонавігації (він називається без запитним), точне визначення часу можливе лише за наявності синхронізації часових шкал супутника і приймача. Тому, у склад апаратури ШСЗ і приймача входять еталонний годинник (стандарт частоти), при цьому точність супутникового еталону часу виключно висока (довготривала відносна стабільність частоти

⁻¹³ ⁻¹⁵
забезпечується на рівні 10^{-13} - 10^{-15} за добу). Бортові годинники всіх ШСЗ синхронізовані і прив’язані до так званого “системного часу”. Еталон часу GPS – приймача менш точний, для того, щоб не дуже підвищувати його вартість. Цей еталон повинен забезпечувати тільки короточасну стабільність частоти – протягом процедури вимірів.

TRANZIT мала значні недоліки.

- відносно невисока точність визначення координат;
- великі проміжки часу між спос-тереженнями.

З метою подолання цих недоліків було прийнято рішення розпочати роботу над розробкою супутникової навігаційної системи нового покоління. Початково вона мала назву NAVSTAR (Navigation Satellite providing Time And Rangel), тобто “навігаційна супут-никова система, забезпечуючи вимір часу і місцезнаходження” (зараз можна зустріти подвійну назву: GPS-NAVSTAR). Основним призначенням NAVSTAR була високоточна навігація військових об’єктів. Безпосередня реалізація програми розпочалась в середині 1977р. запуском першого супутника. З 1983р. система відкрита для використання в цивільних цілях, а з 1991р. зняті обмеження на продажу GPS-обладнання в країні колишнього СРСР. У 1993р. система була повністю розгорнута. Витрати на її реалізацію перевищили 15 млрд. USD. В Росії діє аналогічна система супутникової навігації ГЛОНАСС (Глобальна Наві-гаційна Супутникова Система) принцип роботи якої в дечому подібне GPS.

Першочергово припускалося вико-ристання GPS-системи тільки у навігаційних цілях, але досліди, проведені вченими Массачуського технологічного інституту в 1976-1978р.р., показали можливість моди зичного використання GPS, тобто визначення координат з міліметровою точністю. З того часу розпочалося використання системи для виконання модезичних вимірів. Ми зупинимось на цьому аспекті використання системи, хоча на практиці вона знаходить застосування для роз’язання значно більш широкого кола задач.

2 Фотоприймний пристрій здійснює приймання і
3 перетворення модульованого оптичного випромінювання в
4 електричний сигнал проміжної частоти.

5 Приймач сигналу виконує підсилення, фільтрацію і
6 формування прийнятого сигналу в послідовність сигнальних
7 імпульсів, які поступають в лічильний вузол. Одночасно з
8 сигнальними імпульсами з формувачів задаючого генератора
9 в лічильний вузол поступає послідовність опорних імпульсів.
10 Множина інтервалів часу між кожним опорним імпульсом і
11 слідує за ним сигнальним імпульсом, яка несе
12 інформацію про вимірювану відстань в кожному режимі,
13 обробляються в лічильному вузлі, а результат виміру
14 подається в мікро-ЕОМ.

15 Для вимірювання кутів застосовується растровий датчик
16 накоплювального типу. В якості датчика кута застосовують
17 фото-електричний перетворювач кут-код. Робочою мірою
18 перетворювача є лімба. Поділки лімба (штрихи) проектується
19 оптичним мостиком із збільшенням 1.01 на діаметрально
20 протилежну ділянку лімба, що створює муарову картину, яка
21 проектується на фотоприймач. Сигнал з фотоприймача
22 поступає в електронну частину датчика кута, який
23 складається з кута грубого і точного відліків.

24 Канал грубого відліку має реверсивний лічильник,
25 підраховуючи кількість муарових полос, які відповідають
26 куту поворота зорової труби або аліади горизонтального
27 кругу.

28 В каналі точного відліку кута застосовують фазовий
29 інтерполятор, вимірюючий кут повороту лімба в межах
30 постійного грубого відліку. Зформований код вимірюваного
31 кута поступає в мікро-ЕОМ.

32 Для виключення похибок при вимірюванні кутів,

обумовлених порушенням юстировки оптичного мостика, зміною температури, а також розсіювання характеристик електро-радіоелементів і їх зміною в часі, в сигнальних каналах датчиків кутів введені схеми автопідстройки.

Для підвищення надійності роботи приладів в умовах невеликих вібрацій мікро-ЕОМ тахеометра оброблює інформацію про зенітні відстані з урахуванням коливань маятника.

Мікро-ЕОМ виконує в тахеометрах функції керівництва і обробки інформації, поступаючої з далекоміра, датчиків кута, електронного рівня, а також забезпечує вирішення різних геодезичних і кадастрових задач.

В склад мікро-ЕОМ входять:

мікропроцесор;

зовнішня пам'ять, в складі якої є оперативно запминаючий пристрій і постійний запминаючий пристрій. Ці пристрої зв'язані між собою через двонаправлену магістраль "адрес-дані" і магістраль керівництва;

пристрій спряження з датчиком кута;

пристрій спряження з далекоміром;

пристрій спряжений з панелями керівництва тахеометром;

пристрій виводу інформації на накопичувач.

Живлення всіх електросхем тахеометра здійснюється від стабілізованих джерел живлення. Тут найбільше поширення мають кадміє-нікельові елементи.

Конструктивно любий електрон-ний тахеометр складається з двох основних частин: системи горизонтальної осі, системи вертикальної осі і корпусу зорової труби. Корпус зорової труби з допомогою напівосей встановлений в ексцентрикових лагерах колонки. На одній напівосі закріплюється кодовий круг, на другій – втулка з хомутиком

2 SD, Hz, V – відліки на В-О точку А;
3 Y, X – координати В-О точки В;
4 SD, Hz, V – відліки на В-О точку В;
5 Y, X - координати станції;
6 т. От – масштаб і орієнтований азимут.

Використана література:

- 11 1. Ю.К. Неумыванин, М.И.Перский «Геодезическое
- 12 обеспечение землеустроительных и кадастровых работ».М.:
13 «Картгеоцентр» - «Геодезиздат», 1996.
- 14 2. Инструкция по использованию универсального прибора
15 ELTA 50R Carl Zeiss Jena GmbH. Jena, 1997.
- 16 3. "GEBR. WICHMANN". Vermessung, Berlin, 1992.

Лекція №3

Принцип роботи системи GPS

21 Сучасні заходи по створенню кадастрових баз даних
22 передбачають широке використання сучасних методів
23 геодезичних вимірів, перед усім GPS – технологій.
24 Супутникова радіо-навігаційна система або глобальна
25 система або глобальна система визначення місцезнаходження
26 GPS (Global Position System) забезпечує високоточне
27 визначення координат і швидкості об'єктів в будь-якій точці
28 земної поверхні, в будь-який час доби, в будь-яку погоду, а
29 також точно визначення часу.

Історія виникнення GPS.

31 До початку 70-х років виявилось, що прийнята на той час
32 на озброєнні армії США супутникова навігаційна система

y_s	0.072m	MEM
x_s	5.297m	S
α_m	245°23'51"	I 3
НІ		ДА

Рис.2.8. Результати 1

y_s, x_s : вираховані координати станції.

α_m : орієнтуючий кут.

ДА: продовжити.

стар.	нов.	Від.А-В	надто
Коооо	1.00000042.18194		мало
ESC		ESC	

Ні: закінчити завдання;

Рис.2.9. Результати 2.

Включає слідуєчи пункти:

Повт: повністю повторити завдання.

Стар: показати розраховані координати, орієнтацій ний азимут і старий масштаб.

Ввести: ввести масштаб, слідуєчий із прийнятих координат і орієнтованого зимута;

Нов: прийом вирахованих координат, орієнтаційного азимута і вирахованого масштаба.

(5) Запис

Якщо був включений режим запису, слідуєчи дані завжди зберігаються:

Y, X – координати В-О точки А;

2 системи наводящого пристрою зорової труби. Вертикальна
3 вісь жорстко скріплена з колонкою спирається на шариковий
4 підшипник і повертається в середині бакси. Бакса скріплена з
5 втулкою-хвостовиком, з допомогою якої тахеометр
6 встановлюється в підставці.

7 Датчик горизонтальних кутів складається з кодового
8 круга, світлодіода, оптичного мостика і фотодіода.

9 Датчик зенітних відстаней практично не відрізняється від
10 датчика горизонтальних кутів, але має деякі особливості. Так
11 для автоматичної компенсації похибки відхилення
12 вертикальної осі від лінії виска оптичний місток
13 закріплюється на штанзі підвішеного маятника.

14 В корпусі зорової трубки розташовані візирна,
15 випромінююча і прийомна оптичні системи. В їх склад
16 входить об'єктив, спектроподільна призма, випромінювач,
17 польова діафрагма каналу прийому, вузол фотоелектронного
18 помножувача (ФЕП) з високовольтним випрямлячем і
19 розподільчий блок "ОКЗ-дистанція" з механізмом
20 переключення. Біля випромінювача розміщена плата з
21 елементами підсилювача потужності і сигнального каналу.
22 Для передачі зображення польової діафрагми на фотокатод
23 ФЕП приміняють волоконні жгути (світловоди).

24 Сучасний електронний тахеометр це такий геодезичний
25 прилад, який має електронний рівень. Наприклад, всі нові
26 геодезичні прилади всесвітньо відомої швейцарської фірми
27 "Leica" мають електронний рівень.

28 В площині амплітуди ртутного рівня [2] розташовані
29 впаяні контакти, які замикає ртутна капля, сигналізуючи про
30 своє положення і напрямок корекції. В електролітичних
31 електронних рівнях в скляну ампулу з електролітом впаяні
32 три електроди. Середній електрод має по відношенню до

других деякий електричний потенціал. Електричні струми, які течуть в електроліті, залежать від положення бульбашки рівня, тобто від нахилу самого рівня. Чутливість такого рівня складає 10^{-2} - 10 діапазону вимірювань, тому можлива точність приведення не нижче 0.1". Зауважимо, що для успішного вирішення практично всіх задач кадастрової зйомки потрібно приводити тахеометр в робоче положення з точністю не грубіше 5". Електронний рівень такої точності мають дуже популярні серед спеціалістів кадастру електронні тахеометри TC600 і TC800 фірми "Leica".

При розплануванні землеко-ристувань щоб точно визначити на місцевості точки межі доводиться методом наближення перевищувати віху з відбивачем. Для ускорення цього процесу в тахеометрі TC800 на зоровій трубі над об'єктивом є два розташовані на одному рівні світловоди, один з яких випромінює червоне, а другий жовте мере гливе світло. Джерелом світла є лазер. Мере гливі діоди мають розходимість пучка світла 2.4° . Так на віддалі 100 метрів від тахеометра пучки розходяться приблизно на 6м. Але так як червоний і жовтий пучки не накладаються, а чітко відстоять один від одного на віддалі лише 30 мм, то спостерігач має можливість швидко встановити відбивач в колімаційну площину тахеометра, - при цьому він бачить як червоне світло, так і жовте.

Велику перевагу має нова конструкція відбивачів GZR – 4 фірми "Leica", використовуючи які при кадастрових зйомках можна підвищити продуктивність праці, так як при спостереженнях не виконується їх наведення на тахеометр.

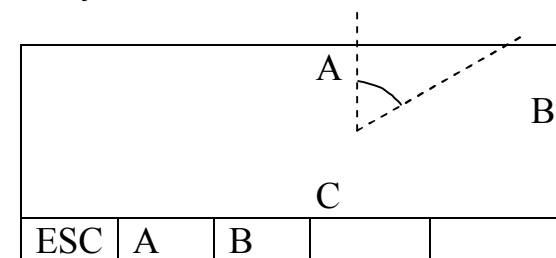
Широке застосування в кадастровому виробництві набувають електронні тахеометри з лазерним центри ром, а також такі, які автоматично наводяться на відбивач.

2 ESC: Закінчення (відміна) вимірювання.

3 th: введення висоти відбивача.

4 Коли вимірювання на точку А закінчено, точка
5 відображається на дисплеї чорним. Тепер вибирають точку В.
6 Якщо вимірювання на точку необхідно повторити,
7 вибирають точку А.

8



9

Рис.2.7. Вибір точки В

10

11 ESC: покинути програму;

12 А: повторити вимірювання В-О

13

точки А;

14

В: вибір другої В-О точки для вводу

15

координат.

16

Процедури (2) і (3) для точки А виконуються тепер і для
17 точки В. 3-10.

18

(4) Результати

19

20

Після вимірів точки В розраховуються плоскі
21 координати, орієнтуючий азимут і масштаб. Підтвердивши
22 результати, Ви можете визвати меню вводу номера точки
23 шляхом натиску клавіш ON+PNR. Код точки вже є –
24 S(станція) – і не може бути змінений. Ця установка
25 зберігається разом з результатами.

$y = 0$ Y дорівнює нулю (заявляється тільки у тому випадку, якщо стара величина Y не дорівнювала нулю);

Введення значення: Перемістити курсор від цифри вправо або вліво, використовуючи softkey, встановити необхідну величину, збільшити або зменшити її значення за допомогою + або - . Щоб змінити знак, необхідно перемістити курсор на знак кінець по О.К.

Коли введення першої координати (у нашому випадку Y) закінчено, вводять також другу координату (X).

(3) Вимірювання у В-О точках

Візувати на В-О точку A і провести виміри за допомогою клавіші MEAS. Масштаб 1:1000000 застосовується для всіх вимірів віддалей незалежно від любых установок у меню введення. Якщо Ви бажаєте, щоб В-О вимір був записаний з номером точки, визвіть меню введення номером точки натиском клавіші ON+PNR. Код точки вже є - A - і не може бути змінений. Ця установка зберігається разом з результатом.

y	0.000m	MEM
x	3.000m	A
1) <input type="checkbox"/>	→ + 2)MEAS	I 1
ESC		th

Рис.2.6.Запит на вимір

MEAS: Запуск вимірювання за допомогою вимірювальної клавіші.

Інтегровані програми гарантують високу ступінь функціонування тахеометрів. Процедура зйомки спрощується при використанні збережених у внутрішній пам'яті координат. Це в значній мірі запобігає введенню невірної інформації. Точки, які використовуються для вимірів або для розпланування, можна швидко передати із комп'ютера в тахеометр.

В тахеометрах TC600, TC800 встановлені програми:

- Установка координат станції (STATION COORD)
- Орієнтування горизонтального округа (ORIENTATION)
- Вільна станція (FREE STATION)– зворотна геодезична засічка
- Розпланування, розбивка (SETOUT)
- Неприступна відстань (TIE DISTANCE)
- Обчислення площі (CALC AREA)
- Координати і висота точки спостереження (TARGET COORD)
- Швидкий замір і реєстрація (RAPID MEANS)

Використовуючи електронні тахеометри при кадастрових роботах високу продуктивність польових робіт можна одержати тільки в тому раз коли застосовується метод вільного вибору станцій.

В цьому методі тахеометр розташовують в якійсь точці O (Рис.1). Це може бути люба точка з невідомими координатами. Тобто при методі вільного вибору станцій центрування тахеометра не виконується, а сам він може бути стаціонарно встановлений на подвижній платформі.

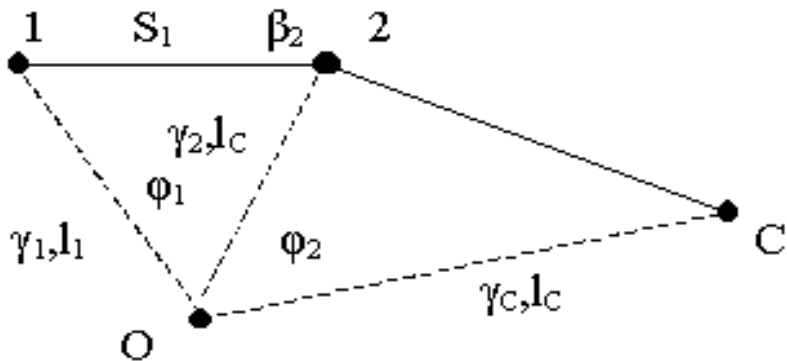


Рис. 1.1. Принципова схема методу вільного вибору станцій

Вимірюють віддалі l_1, l_2 (горизонтальні положення) до точок 1,2 і напрямки γ_1, γ_2 . Точки 1,2 можуть бути вихідними, тобто такими, що мають координати, а можуть бути і визначальними. За формулами

$$X_i = l_i \cdot \cos\gamma_i, \quad Y_i = l_i \cdot \sin\gamma_i,$$

визначають умовні координати точок 1,2. Це дає можливість спочатку, шляхом рішення оберненої геодезичної задачі, визначити відстань між точками 1,2 і дирекційний кут γ_{21} , а потім умовні, або дійсні координати вільної станції O. Методом вільного вибору станцій можна посередньо відкласти і вимірювати відстані і кути, тобто виконувати всі польові кадастрові роботи безпосередньо з подвижних станцій.

Середні квадратичні похибки посереднього визначення кутів і відстаней можна визначити за формулами [3]

2
3
4
5
6
7
8
9

(2) Виведення координат візуємих обернено (В-О) точок

У меню введення координат В-О можуть бути введені як з допомогою клавіш, так і визвані із внутрішньої пам'яті. Вибір координат В-О точки виконується клавішами, розміщеними безпосередньо під символами \perp .

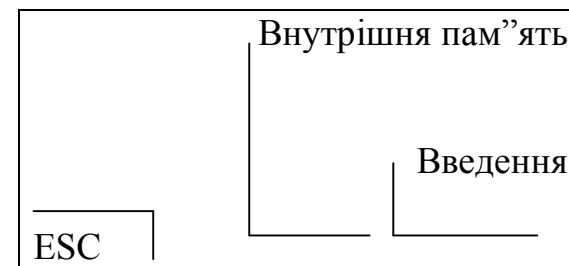


Рис.2.4. Вибір В-О точки

Внутрішня пам'ять: вводимі координати можуть бути визвані із внутрішньої пам'яті. Це можливо, якщо вибрані дані дійсно включають в себе необхідні величини.

Введення: визвати меню вводу; внести послідовно координати у відповідності із вибраною системою координат;

ESC: вернутися в початкове меню.

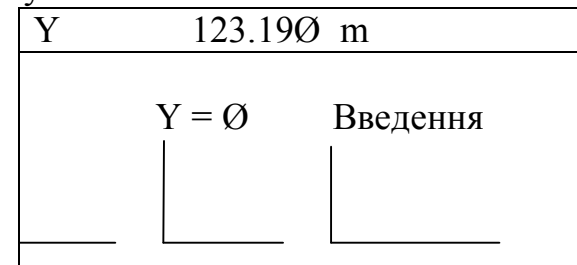


Рис.2.5. Меню вводу

18
19
20

$y=123.190$ Остання введена величина

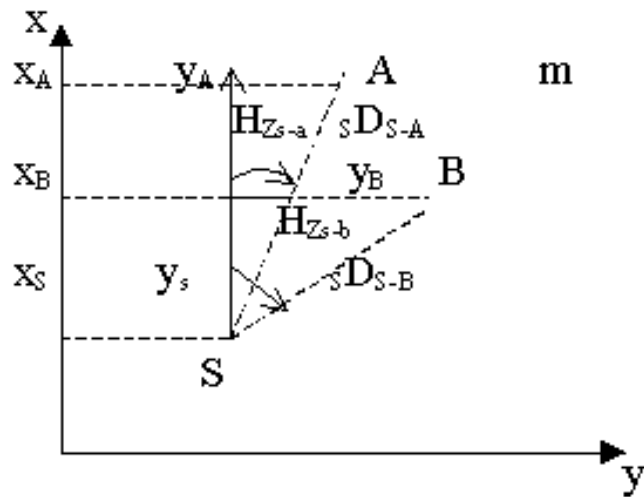


Рис.2.2. Принципи вимірів
(1) Вибір способу

Вибрати програму Невідома станція, переміщаючи виділену стрічку за допомогою клавіш Φ і 4^{\wedge} , і підтвердити натиснувши ДА. Програма автоматично зміниться у початкове меню цього способу вимірів

Обернена засічка			
ESC	A	KONT	

Рис.2.3. Початкове меню способу невідомої станції
ESC: покинути програму;
A: вибір першої точки для вводу координат.
KONT: визвати перевірку програми

$$m_{\beta^2} = (1_2^2(a^2 - b^2) + (1_1 a + 1_2 b^2) m_1^2 p^2 + 0.25((c+1)^2 + (c-d)^2 + (d+1)^2) m^2$$

де

$$a = \sin \varphi_1 / s_1^2, \quad b = \sin \varphi_2 / s_2^2, \\ c = (1_1^2 - 1_2^2) / s_1^2, \quad d = (1_2^2 - 1_1^2) / s_2^2.$$

$$m_{1_2^2} = (2 - (1_2^2 + 1_1^2) \sin^2 \varphi_c / 1_2 c^2) m_1^2 + ((21_2^2 1_1 c^2 \sin^2 \varphi_c m_1^2) / (1_2 c^2 p^2))$$

Вимірювання вільної станції проводиться в роботі [4].
Спосіб вільного вибору станцій широко приміняється при створенні геодезичної основи з застосуванням електричних тахеометрів. Відомий метод блочної тахеометрії по своїй суті є продовження способу вільного вибору станцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Генине А.А., Афанасьев А.М. Геодезические свето- и радиодальномеры.-М.Недра, 1988.-302с.
2. Ф.Г.Кочетов. Автоматизированные системы для геодезических измерений.-М.Недра, 1991.-207с.
3. Пряжа Б.Г. О полевом трассировании трубопроводов способом свободной станции. Геод. и картогр.1986. N2.С.14-17.
4. Пряжа Б.Г. Вирівнювання вільної станції. Інженерна геодезія, вип.38,К.-1997.-с.94-98.

Лекція 2. Практичне застосування тахеометра ELTA 50

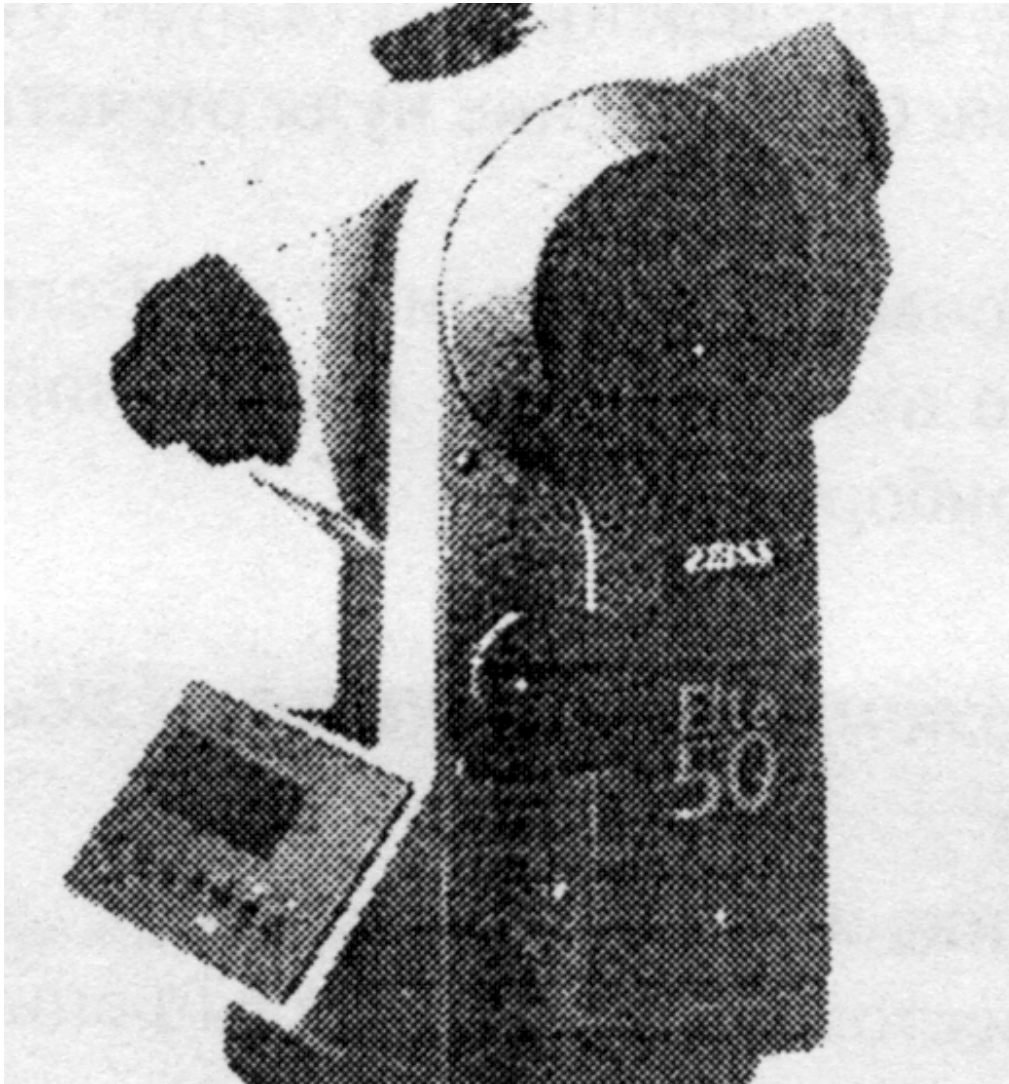


Рис. 2.1.Електронний тахеометр ELTA50

2 станції, в полі.

3 Встановлення приладу і інтерфейсу виконується для
4 налагодження приладу і для зв'язку із зовнішніми
5 пристроями (принтер, комп'ютер).

6

7

8

9

10

Невідома станція

11

12

Призначення

13

Вільне знімання дає можливість визначити координати в
14 будь-якій координатній системі. Обернені виміри двох точок
15 необхідні.

16

Дано: $(Y, X) A$

17

18

Вимірюють: $(SD, Hz, V) S A$

19

$(SD, Yz, V) S-B$

20

21

Розраховується: $(Y, X) S, Om$

22

Координатна система складає необхідну основу широкомасштабного знімання. При великих об'ємах робіт бажано обробляти координати безпосередньо в польових умовах. Режими, які вміщують ці способи, знаходяться в програмі:

Визначення координат.

1. Обернена засічка

Дозволяє визначити координати і висоти невідомих станцій у будь якій системі координат. З вільної станції виконують виміри на дві вихідні точки.

2. Відома станція

Попередні виміри для орієнтування групи напрямків або градування круга, обґрунтовуючись на можливості визначення полярних координат точки або розмічування сітки координатних точок. Орієнтуючий кут між станцією і опорною точкою, а також масштаб, визначаються при зніманні.

3. Висотне розмічування на місцевості

Висотне розмічування на місцевості дає можливість визначити висоти знімальних точок, застосовуючи відносні координати, в частковому випадку у вимірах можуть використовуватися абсолютні висоти.

4. Полярний спосіб

Визначення координат і висот точок за допомогою віддалей і напрямків; виведення на дисплей і збереження підрахованих значень.

5. Розмічування ліній

Дає можливість розмічувати і знаходити точки в даній системі координат. Застосовується при розмічуванні меж землекористувачів, маючи відомі координати, або азимут з відомим напрямком. Виконання всіх процедур прямо на

2 ELTA 50 простий в експлуатації, швидкодіючий, з
3 перевагами, яких звичайно не мають прилади такого класу.
4 ELTA 50 недорого коштує у двох сенсах: при покупці і при
5 вимірах.

Особливі переваги приладу:

- 6
- 7
- 8
- 9 • Просте і наочне обслуговування за допомогою всього
- 10 7 кнопок управління.
- 11 • Підтримка процесу відліку за допомогою графічного
- 12 представлення.
- 13 • Управління користувачем, введення і прийняття рішень у
- 14 режимі каталогу.
- 15 • Автоматична комплектація похибок положення вирізної
- 16 осі, осі обертання труби, індексу вертикального кола і осі
- 17 обертання приладу (у напрямку внутрішньої осі), введення
- 18 поправок у вимірянні значення за кривизну Землі і рефракцію,
- 19 температуру і тиск.
- 20 • Програми вимірів: Hz-V (теодолітний режим), SD-Hz-V
- 21 (теодолітний режим і похила віддаль), HD-Hz-h
- 22 (горизонтальна віддаль, кут і перевищення), y-x-h (відносні
- 23 ортогональні координати).
- 24 • Комплектація у кожному вимірі похибок за нахил
- 25 вертикальної осі (діапазон комплектації Z'30").
- 26 • Повне об'єднання різних систем відліку і одиниць вимірів.
- 27 • Внутрішня пам'ять на 1400 стрічок даних.
- 28 • Інтегрований, орієнтований на реальні роботи набір прог-
- 29 рам.
- 30 • Візуалізація всіх вимірів, обчислень і системних по-
- 31 відомлень.

- Енергозберігаючий режим роботи (біля 3000 вимірів або 7-8 годин знімання).
- Робоча різниця температур $-20 +50^{\circ}\text{C}$.
- Точність вимірів: кутових; горизонтальні і вертикальні G", віддалів 5мм + 3 ppm.
- Довжина вимірювання віддалей 800м (з однією призмою), 1200м (з трьома призмами).
- Вага, включаючи батарею, 3.5кг, футляр 2.5кг.

Дані польових вимірів, записані у внутрішню пам'ять приладу, можуть передаватися на комп'ютер для подальшої обробки в офісі або можуть бути роздруковані на принтері для документування і послідовних обчислень.

Прилад дозволяє перед виконанням вимірів вводити номер (4 цифри) і код (3 цифри) точки, за умовчанням номер точки збільшується після кожного виміру. Введені дані показуються на правій частині дисплею, код і номер точки записується послідовно без розділення у стрічці вимірювання даних.

Порядок роботи на станції з електронним тахеометром ELTA 50

Прилад центрують над точкою за допомогою оптичного центру, після за допомогою піднімальних гвинтів, круглого і циліндричного рівня приводять прилад в горизонтальну площину.

ELTA 50 вмикається натиском клавиши ON. На екрані висвічується номер версії програмного забезпечення, авторські права і слідує величини, після останнього встановлення приладу:

- 2 •Визначення віддалей від будівель до меж, доріг, вулиць.
 3 •Визначення допоміжних ліній при лінійних вишукуваннях
 4 каналів, доріг і будинків.
 5 •Обернена засічка в локальній системі координат.
 6 4. Визначення висоти. Популярні координати (вертикальне
 7 планування)
 8 Приклади застосування
 9 •Знімання фасадів будинків.
 10 •Визначення висот на вилицях з інтенсивним рухом, мостів і
 11 переїздів.
 12 •Визначення координат у вертикальному плануванні для
 13 знаходження висот і обчислення об'ємів.
 14 •Винесення в натуру (координати і висоти) для фасадів, і
 15 проектних конструкцій.
 16 5. Перпендикулярні лінії
 17 Приклади застосування
 18 •Перевірка перпендикулярності ліній.
 19 •Винесення в натуру прямих кутів.
 20 •Спеціальні виміри при відсутності прямої видимості.
 21 6. Паралельні лінії
 22 Приклади застосування
 23 •Перевірка паралельності ліній.
 24 •Винесення в натуру паралельних ліній в заданій точці.
 25 7. Вимірювання
 26 Приклади застосування
 27 •Перевірка відхилення точки від заданої лінії.
 28 •Винесення в натуру точки у випадку її розташування на
 29 заданому напрямку.
 30
 31
 32

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ

(командне меню).

Вибір команд виконується за допомогою клавіш курсору (вверх↑), (вниз↓). Запуск вибраної команди змінюється за допомогою команди ДА.

ВВЕДЕННЯ

Слідуючи інформація може бути змінена в меню введення

- Додаткова постійна.
- Масштаб.
- Температура.
- Тиск повітря.

ВИД РОБИТ

1. Визначення розмірів (визначення віддалей при відсутності прямої видимості).

Приклади застосування

- Виміри поперечників.
- Виміри меж і будівель.

2. Виміри висоти недоступного об'єкту

Приклади застосування

- Виміри висоти дерев, мостів т.ін.
- Визначення величини провисання ЛЕП.
- Винесення в натуру при вертикальному плануванні.

3. Вимірювання відносно базової лінії (визначення віддалей від базової лінії)

Приклади застосування

- Визначення меж.
- Трасування залізничних колій.

- 2 • Додаткові контрасти (зміна призм енної постійної).
- 3 • Масштаб.
- 4 • Температура.
- 5 • Тиск повітря.

ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДУ:

- 9 • Перевести трубу один раз через горизонт. Визначення місця нуля буде підтверджено сигналом.
 - 11 • Повернути труба навколо вертикальної осі. Визначення нуля відліків буде підтверджено сигналом.
 - 13 • Перейти в меню вимірів.
- 14 При вмиканні приладу компенсатор включається автоматично. Якщо похил візирної осі перевищує діапазон дії компенсатора ($Z'30''$), то відліки після десяткової крапки будуть різко змінюватись (це також має місце при швидкому обертанні приладу).

Меню вимірів включає слідуючи режими:

- 23 • Hz-V показує в теодолітному режимі.
 - 24 • SD-Hz-V показує похилу віддаль і теодолітний режим.
 - 25 • HD-HZ-h показує горизонтальну віддаль, кут і перевищення.
 - 26 • u-x-h показує відносні ортогональні координати.
- 27 Користуючись лівою клавішею із одного режиму в другий.
- 29 Всі режими вимірів вміщуються на двох сторінках меню, переміщення між якими виконується за допомогою клавіші "MENU".
- 32 При виконанні роботи, кодування і номера точок

зберігаються в основній пам'яті приладу. Розраховані постійні, конфігурація системи і додаткова інформація також записується в пам'ять приладу.

Для зберігання даних можливе ви користування слідує опцій:

- MEM – внутрішня пам'ять.
- V24 – зовнішня пам'ять (при умові підключення).
- OFF – не зберігає данні.

Вибір режиму відображується у верхньому правому куту екрану.

ПРОЦЕС ВИМІРІВ

Для орієнтування горизонтального круга застосовується функція HOLD. Після того як Ви визвали функцію клавішею HOLD, встановіть необхідний напрямок, повертаючи прилад. Використовуйте навідний горизонтальний гвинт для більш точного наведення. Натисніть клавішу MEAS, щоб закріпити встановлений напрямок.

При роботі в режимах HD і u, x, h , необхідно знати висоту точки на місцевості Z_s , висоту відбивача th і висоту приладу ih . Введення даних ви-конується функціональними клавішами th/ih . Величини які необхідно встановити, з'являться на дисплеї. Після цього можна вибрати для введення або висоту цілі (відбивача), або висоту приладу.

Необхідно ввести атмосферні поправки. Для цього вводять температуру і тиск повітря в меню. Ці установки зберігаються і після виключення приладу. Поправка рівня нулю при температурі $T=20^{\circ}\text{C}$ і тиску $p=944\text{кПа}$.

В подальшому візують на намічену ціль. Процес знімання включається клавішею MEAS.

Поправки у вимірі горизонтального кута вводяться за вплив колімаційної похибки, а у вертикальний кут – за непостійність місця нуля і за нахил вертикальної осі приладу. В той же час проходить вимірювання віддалі. Графік в програмі для вимірювання віддалей дозволяє визначати інтенсивність отриманого сигналу. Після завершення знімання встановлена комбінація інформації виводиться на екран дисплею. Якщо запис інформації був виконаний, то у внутрішню пам'ять або на зовнішній накопичувач записується всі інформація, яка була виведена на екран, і номер, і коди точок. Після знімання номер точки збільшується, а введений код запам'ятовується.

Виведені на екран установки можуть бути змінені тільки після завершення знімання. Зупинка процесу вимірів може бути виконана натиском клавіші функціональної ESC.

Похилі віддалі і інша отримана інформація змінюється під впливом кривизни Землі і рефракції.

Головне меню

1. Введення.
2. Вид робіт.
3. Визначення координат.
4. Встановлення приладу.
5. Встановлення інтерфейса.

Головне меню дозволяє встановити параметри приладу і програмного забезпечення, вводити інформацію і визивати прикладні програми. Головне меню активізується натиском клавіш ON+MENU. На екрані з'являється список команд

програмного комплексу забезпечення SKI (Statik Kinematik), отриманих внаслідок польових вимірів системою GPS, являється передача даних з карточок пам'яті до персонального комп'ютера. Цю операцію можна виконувати декількома способами:

За допомогою контролера через спеціальний канал, який має з однієї сторони стандартний роз'єм для підключення для блоків GPS а з іншої - 9-pin роз'єм для підключення до послідовного порту комп'ютера.

За допомогою шкали прочитів (Memory card reader).

Для передачі даних з контролера необхідно: за допомогою з'єднувального кабелю підключити контролер до послідовного порту комп'ютера і контролер, запустити програму Windows, потім запустити програму SKI, попередньо встановивши ключ, який додається до програми в послідовний порт комп'ютера.

В головному меню програми SKI перемістити курсор на пункт меню Import і натиснути ліву клавішу миші. У відкритому вікні такими ж діями вибрати пункт меню Measurement. Із блоку меню натиском лівої кнопки миші на пункті меню Wilol CR 233/344 вибирають тип пристрою джерела інформації.

Після цього буде запропоновано вибрати тип пам'яті Memory card чи Internal memory, вибрати натиском лівої клавіші на пункті меню Memory card і натиснути Ok.

З'явиться вікно з пропозицією з'єднати контролер і комп'ютер через порт com-1. Виконати цю дію, включити контролер і вибрати опцію TRANSFER із головного меню контролера.

Після того як всі вказівки згадані вище будуть виконані і "натиснути" кнопку Ok, програма автоматично копіює дані в

тому що відсутня інформація про кількість цілих періодів інформаційного сигналу ШСЗ-приймач. Безпосередньо можна виміряти тільки дробну частину фазової затримки сигналу (в межах одного періоду). Для вирішення цієї проблеми використовують декілька способів:

• класичний двохетапний метод вимірів, який припускає на першому етапі виконання більшої кількості надлишкових вимірів, а на другому – статистичний аналіз отриманих даних і визначення найбільш імовірного значення фазової неоднозначності;

• модифікація класичного методу, яка відрізняється тим, що при обробці результатів вимірів виконується багато етапна кальманівська фільтрація і вибирається група фільтрів Кальмана з оптимальними властивостями;

• метод зміни антен, коли спостереження виконується двома різними приймачами на двох пунктах у дві різні епохи. При вимірах у другу епоху виконується заміна антен приймачів;

• метод визначення неоднозначності "в путі", коли для визначення цілого числа періодів застосовують лінійні комбінації сигналів L1, L2 (суми різниці);

Джерела похибок. На точність визначення координат суттєвий вплив чинять похибки, які виникають при виконанні процедури вимірів. Природа цих похибок різна.

1. Неточне визначення часу. При всій точності часових еталонів ШСЗ існує деяка похибка шкали часу апаратури супутника. Вона призводить до виникнення систематичної похибки визначення координат біля 0,6м.

2. Похибка обчислення орбіт. З'являються в результаті неточностей прогнозу її розрахунку ефемерид супутників, виконуваних в апаратурі приймача. Ця похибка також носить систематичний характер і призводить до похибки виміру

координат біля 0,6м.

3. Приладова похибка приймача. Обумовлена, перш за все, наявністю шумів в електронному тракті приймача. Відношення сигнал/шум приймача визначає точність процедури порівняння прийнятого від ШСЗ і опорного сигналів, тобто похибкою обчислення псевдо віддалі. Наявність даної похибки призводить до виникнення координатної похибки порядку 1,2м.

4. Багатопутність розповсюдження сиг-налу. З'являється в результаті вторинного відбиття сигналу супутника від крупних перешкод, розташованих в безпосередній близькості від приймача. При цьому виникає явище інтерференції, і виміряна віддаль буде більша за дійсну. Аналітично таку похибку оцінити досить важко, а найкращим способом боротьби з нею вважається раціональне розміщення антени приймача відносно перешкод. В результаті впливу цього фактору похибка визначення псевдо віддалі може збільшуватися на 2,0 м.

5. Іоносферні затримки сигналу. Іоносфера – це іонізований атмосферний шар в діапазоні висот 50-500км., який містить вільні електрони. Наявність цих електронів визиває затримку поширення сигналу супутника, яка прямо пропорційна концентрації електронів і обернено пропорційна квадрату частоти радіосигналу. Для компенсації виникаючої при цьому похибки визначення псевдо віддалі використовується метод двочастотних вимірів на частотах L1 і L2 (у двочастотних приймачах).

Лінійні комбінації двочастотних вимірів не мають іоносферних похибок першого порядку. Крім того, для часткової компенсації цієї похибки може бути використана модель корекції, яка аналітично розраховується з

- 2 • Розташування поблизу або на тери-торії району робіт –
3 для того, щоб базисні лінії були короткими,
4 • Необхідна абсолютна надійність:
5 - джерел живлення;
6 - забезпечення необхідною ємкістю запам'ятовуючих
7 пристроїв.

8 **Рекомендовані параметри спостережень для базового і**
9 **мобільного приймачів у режимі “СТІЙ/ІДИ”**
10

	Базова станція	Мобільна станція
Працездатність	AUTO	AUTO
Мінімальне піднесення	15°	15°
Режим роботи	СТАТИКА	СТІЙ/ІДИ
Ущільнений/вибірковий	Ущільнений	Ущільнений
Мін.число супутників для запису	4	4
Дискрентність запису	4 сек.	4 сек.

11 **Обробка результатів вимірювань**

12 **Обробка виконується з використанням програмного**
13 **комплексу SKI**

14 **Прийняття даних з карточек пам'яті в комп'ютер**

15 Першим етапом обробки результатів за допомогою
16
17
18
19

допомогою SKI у мобільну частину ланок.

На мобільній ділянці ланки повинно відслідковуватися не менше 4 супутників. Якщо кількість спостерігаємих супутників менше 4 із-за втрати, захвата сигналу чи розташування супутників, SKI не зможе передавати вперед значення неоднозначностей і ланка буде перервана.

Для успішних вимірів “СТІЙ/ІДИ” необхідно працювати в межах вікна з добрим розташуванням супутників. Чим більше супутників, тим більше втрат сигналу ви можете допустити.

Вікно	Кількість супутників, їх піднесення над горизонтом, GDOP
ДОБРЕ ВІКНО	5 чи більше супутників, супутники на висоті вище , $GDOP \leq 5$
Використати можна	4 супутника, супут-ники вище 15° , $GDOP \leq 8$
Використати не слід	4 супутника, $GDOP > 8$
Використати не можна	3 супутника або менше

З точки зору продуктивності при звичайних зніманнях на земній поверхні практичне застосування для високоточних робіт у режимах “СТІЙ/ІДИ” і Кінематика складає 5-8 км.

Базовий приймач.

- Вкрай важливий для всіх режимів роботи “СТІЙ/ІДИ” вибирайте гарне місцерозташування:
- Відсутність перешкод;
- Відсутність відбиваючих поверхонь;
- Виключення можливості інтерференції;
- Відсутність передавачів у безпо-середній близькості;

2 використанням інформації, яка є в навігаційному повідомленні.

3 При цьому величина остаточної немодельованої іоносферної
4 затримки може визвати похибку визначення псевдо віддалі
5 біля 10,0м.

6 6.Тропосферні затримки сигналу. Тропосфера – самий нижній
7 від земної поверхні шар атмосферної поверхні (до висоти 8-
8 13км.) Вона також обумовлює затримку поширення
9 радіосигналу від супутника. Величина затримки залежить від
10 метеопараметрів (тиску, температури, вологості), а також
11 математичної моделі цього шару атмосфери. Необхідні для
12 цього коефіцієнти є у навігаційному повідомленні.
13 Тропосферні затримки визивають похибки виміру псевдо
14 віддалей в 1м.

15 7.Геометричне розташування супут-ників. При обчисленні
16 сумарної похибки необхідно ще враховувати взаємне
17 положення користувача і супутників робочого сузір’я. Для
18 цього вводиться спеціальний коефіцієнт геометричного
19 погіршення точності PDOP (Position Dilution Of Precision) на
20 який необхідно помножити всі перераховані вище похибки
21 для того, щоб отримати результуючу похибку. Величина
22 коефіцієнта PDOP залежить від взаємного розташування
23 супутників і приймача. Вона обернено пропорційна об’єму
24 фігури, яка буде утворена, якщо провести одиничні вектори
25 від приймача до супутників. Велике значення PDOP говорить
26 про невдале розташування ШСЗ і великій величині похибок.
27 На рис. Приведені приклади вдалого і невдалого
28 геометричного положення супутників. Типове середнє
29 значення PDOP коливається від 4 до 6.

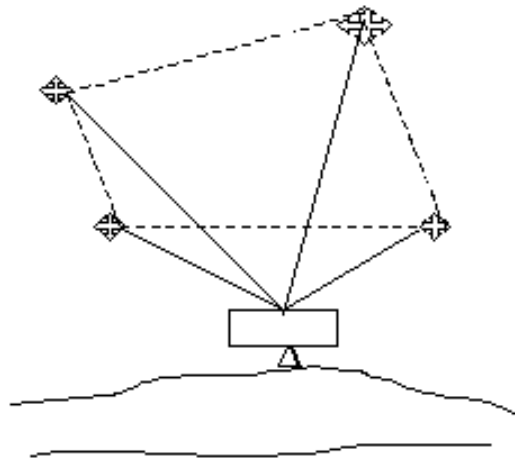


Рис.3.1.Вдале положення ШСЗ
(мале значення PDOP)

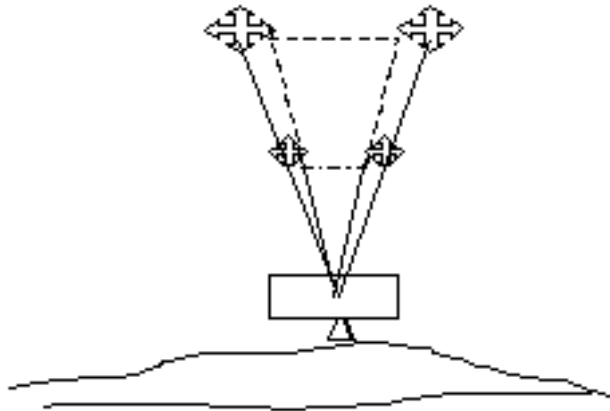


Рис.3.2.Невдале положення ШСЗ
(велике значення PDOP)

Диференційований режим GPS. Найбільш ефективним способом похибок є диференційований спосіб спостережень – PDOPS (Differential GPS). Його суть

Мінімальне підвищення	15°
Режим роботи	СТАТИКА
Уплотнений/вибірковий	Уплотнений
Дискретність запису	15,30 або 60 сек.

2
3
4
5

Довжини базисних ліній і тривалість знімання

Кількість супутників	Приблизна довжина	Оцінка часу спостережень	
		Вдень	Вночі
При $GDOP \leq 8$	Базисні лінії		
СТАТИКА			
4 чи 5	15-30км.	1-2 години	1 година
4 чи 5	Більш 30км	2-3 години	2 години

6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

При зніманні в режимі “СТІЙ/ІДИ” мобільна станція залишається включеною і захват супутників повинен зберігатися під час переміщення від точки до точки.

Послідовність спостережень у режимі “СТІЙ/ІДИ” включає в себе:

1. Фіксацію початкового місця положення в режимі “СТІЙ/ІДИ” (для розрішення неоднозначності);
2. Серію спостережень на точках в режимі “СТІЙ/ІДИ” (на послідовних точках).

Ініціалізація являє собою необхідний процес. Вона повинна бути успішною. Неоднозначності мають бути нерозрішені (тобто зафіксовані цілочисленні вилічини) в процесі пост-обробки за допомогою програмного забезпечення SKI. Тільки після цього значення розрішених неоднозначностей будуть послідовно передаватися за

гарними умовами для супутникових спостережень, ніж працювати на відомих пунктах які не підходять.

Мобільний приймач.

- Кут відсічки 15°.
- Перешкоди не повинні екранувати сигнали від супутників.
- Відсутність відбиваючих поверхонь (багатопутності)
- Відсутність поблизу радіо-передавачів.
- Повністю зарядження батареї.
- Достатній об'єм пам'яті.
- Правильна установка параметрів місії (режим роботи, дискретність запису).
- Перевірити висоту установки сенсора і винос фазового центроантени.
- Спостерігайте при хороших вікнах.
- Слідкуйте, щоб GDOP не перевищував 8.

Рекомендуємо параметри спостережень для базового і мобільного приймачі.

	Статистичне знімання
	Довгі лінії-спос-тереження протягом 1 години і більше
	Базовий і мобільний
Роботоспроможність	AUTO

2 полягає у виконанні вимірів двома приймачами: один
3 встановлюється у визначеній точці, а другий – в точці з
4 відомими координатами – базовій (контрольної) станції.

5 Оскільки відстань від ШСЗ до приймачів значно більша
6 відсутності між самими приймачами, то вважають, що умови
7 прийому сигналів обома прийомами практично однакові. А,
8 отже, величини похибок також будуть близькі. В режимі
9 DGPS вимірюють не абсолютні координати першого
10 приймача, а його положення відносно базового (вектор бази).
11 Використання диференційного режиму дозволяє практично
12 повністю виключати вплив режиму SA і доводити точність
13 кодових вимірів до десятків сантиметрів, а фазові до одиниць
14 міліметрів. Найкращі показники мають фазові двочастотні
15 приймачі. Вони Вони відрізняються від фазових
16 одночастотних більш високою точністю, більш широким
17 діапазоном вимірювальних векторів баз і більшою швидкістю
18 і стійкістю вимірів. Однак (проте) сучасні технологічні
19 досягнення дозволяють одно частотним фазовим приймачам
20 по характеристикам наблизитись до одно частотних.

21 Одна з особливостей режиму DGPS виявляє необхідність
22 передачі диференціальних поправок від базового приймача до
23 визначуваного. При цьому розрізняють два методи
24 коректування інформації:

25 1). Метод коректування координат, коли на станції у визначу
26 вальній точці спостерігають одні і ті ж ШСЗ, а потім в якості
27 диференціальних поправок з базової станції передають
28 добавки до виміряних у визначуваному пункті координатам.
29 Недоліком цього методу являється те, що приймач базового і
30 визначуваного пунктів повинні працювати по одному
31 робочому сузір'ю. Це не зручно, оскільки всі споживачі,
32 використовуючи диференціальні поправки повинні

працювати по однім і тим же ШСЗ. В цьому випадку не забезпечуються найкращі значення PDOP у всіх визначуваних пунктах.

2). Метод коректування навігаційних параметрів, при використанні якого на базовій станції визначаються поправки до вимірюваних параметрів (наприклад псевдо дальності) для всіх супутників, які потенційно можуть бути використані споживачами. Ці поправки передаються на визначувальні пункти, де вже безпосередньо в GPS –приймачі вираховуються поправки до координат. Недоліком цього методу є підвищення складності апаратури споживача.

Метод DGPS може бути використаний двояко. Якщо необхідно вираховувати координати в режимі реального часу, то необхідний надійний радіоканал для передачі диференціальних поправок, а до складу GPS-приймача повинен входити радіо модем. Якщо ж передача поправок не виконується, тоді можна використати режим пост обробки. В цьому випадку результати вимірів обох приймачів записуються на пристрій пам'яті приймачів (наприклад, магнітні картки), а після припинення вимірювання накопичена інформація обробляється спеціальним ПО і вираховується точка значення вектора бази.

Передача диференціальних поправок по радіоканалах може використовуватись по виділеним частотним лініям. На частотах любительської радіостанції, по системам супутникового зв'язку (наприклад, INMARSAT), а також з використанням технології передачі цифрових даних RDS (Radio Data System) на частоті FM-радіостанції. При чому іноді навіть немає необхідності мати DGPS-станції, постійно транслюючих поправки на визначену територію. Наприклад, у прибереговій зоні Північної Америки, Європи, Австралії і

2 форматизуються за допомогою блока управління.

3

4

Знімання в режимі “статика”

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

І базовий і мобільний приймач не переміщуються, поки не буде набрано достатньої кількості даних для успішної роботи.

Статичні знімання: це класичний метод GPS знімання, які використовуються на довгих лініях. Спостереження можуть тримати декілька годин.

Тривалість спостережень залежить від:

- Довжина базисної лінії.
- Кількості супутників.
- Геометричного фактору (GDOP).
- Стану іоносфери.
- Іоносферні збурення залежать від часу, часу доби (день/ніч), місяця, року, положення на земній поверхні.
- Базові станції.
- Відсутність перешкод пр кутах підвищення більш ніж 15°.
- Відсутність відбиваючих поверонь (багатокутності).
- Безпека, можливість залишати апаратуру без нагляду.
- Відсутність поблизу радіо-передавачів.
- Надійне джерело живлення.
- Достатній об'єм пам'яті,
- Правильна установка параметрів місії (режим роботи, дискретність запису).
- Перевірити висоти встановлення сенсора і винесення базового центра антени.
- Необов'язково використовувати в якості базового пункта відомий пункт.

Краще створювати тимчасові базові станції в місцях з

д) за допомогою рулетки, яка входить в комплект вимірювання висота інструмента над центром. Дані про висоту інструмента заносяться в блок управління. При цьому висота від фазового центру до відлікового пристрою рулетки, і висота від відлікового пристрою заноситься окремо.

е) увімкнути станцію і почати ініціалізацію, обравши необхідний режим вимірів;

ж) якщо ініціалізація завершена, то запустити обраний режим вимірів в роботу, в протилежному випадку дочекатися завершення ініціалізації.

Ознакою завершення ініціалізації служать показання присутніх у сузір'ї "захвачених" приймачем супутників і показання GDOP на дисплеї.

Під час роботи станції необхідно стежити за показаннями поля GDOP на контролері, величина якого повинна бути меншою 8 і за збоями супутникових сигналів.

Спостереження вважаються виконаними, якщо при роботі протягом встановленого часу показання GDOP не піднімались вище 8 і були відсутні збої супутникових сигналів. У протилежному випадку виміри на пункті повторюються.

По закінченню роботи станція виключається тільки після фіксації вимірів на карточці пам'яті.

В міру заповнення карточок пам'яті дані з них копіюються у персональний комп'ютер. Повідомлення про наявності вільної пам'яті, а також про ємкість акумуляторів можна продивитись в меню на контролері. В загальному випадку однієї чистої карточки об'ємом 512 кб вистачає на 7 годин безперервної роботи з темпом запису 15...

Після того, як інформація скопійована в комп'ютер і прийнята в проєкт для обробки, карточки пам'яті

2 Нової Зеландії розгорнуті мережі радіомаяків для морської
3 DGPS- новітньої. Американська корпорація DC-1 (Differential
4 Corrections inc) поширює диференційні поправки на всю
5 континентальну частину США, використовуючи для
6 ретрансляції радіосигналів супутники зв'язку Galaxu. Подібні
7 мережі станцій діють і на територіях багатьох європейських
8 країн. В наш час ведуться роботи по реалізації загально-
9 європейського радіонавігаційного плану. Розроблений
10 спеціальний стандарт пересилання поправок DGPS, який
11 називається RTSM SC-104. Всі виробники GPS-приймачів
12 використовують його для реалізації диференційного режиму
13 роботи своєї апаратури.

14 В геодезичних роботах знайшли своє застосування
15 виключно диференційні методи GPS-вимірів, тому що тільки
16 з їх використання можна визначати координати точок
17 місцевості з необхідною точністю.

18 Є декілька методів виконання спостережень. Вибір
19 конкретного методу залежить від наступних факторів:

- 20 • необхідний рівень точності;
- 21 • технічні можливості приймача і наявність відповідного
22 програмного забезпечення;
- 23 • характер навколишньої місцевості і метеоумови
24 (радіоперешкоди, рельєф, гроза);
- 25 • наявність обмежень на переїзд між пунктами
26 спостереження і відстань між ними;
- 27 • конфігурація супутникової системи і кількість
28 спостерігаємих супутників;
- 29 • наявність засобів зв'язку.

30 Для вирішення різних задач: визначення точних
31 координат окремих точок, послідовних вимірів
32 місцезнаходження множини точок, безперервних

координатних визначень в процесі руху автомобіля і т. і., в рамках DGPS- режимі розроблений ряд методів виконання вимірів. Ці методи відрізняються технологією виконання робіт і отримуваною точністю обчислення вектора бази.

Статичний метод (Static Positioning)

Назва методу означає, що приймачі не переміщуються протягом всього спостережуваного інтервалу. Базовий приймач і приймач з невідомими координатами одночасно виконують спостереження і записують дані протягом 15 хвилин – 3 годин. Така тривалість сесії викликана необхідністю визначення цілочислової неоднозначності фаз на початку сесії. Цьому сприяє і помітна зміна з часом конфігурації супутникової системи. Одночастотні приймачі викорис-товуються для вимірів баз довжиною до 10-15 км., а двочастотні – для баз більше 15 км. (переваги двочастотних приймачів полягають у можливості адекватного моделювання ефекту впливу іоносфери, а також меншою тривалістю спостережень). Після завершення сеансів спостережень дані, які отримують кожним приймачем, збираються разом, вводяться в комп’ютер і обробляються за допомогою спеціальних програм з метою визначення невідомих координат пунктів.

Точність методу при використанні фазових спостережень:

1) для двочастотних приймачів:

- в плані : $5\text{мм} + 1\text{ мм/км}^\circ D$;
- по висоті: $10\text{мм} + 1\text{ мм/ км}^\circ D$;

2) для одночастотних приймачів:

- в плані : $5\text{мм} + 1\text{ мм/км}^\circ D -$
(при $D < 10\text{км}$);

2 роботи, який був попередньо створений і записаний у пам’ять
3 блока управління робочої установки.

4 При підготовці робочих установок для робіт у блоці
5 управління обов’язкові наступні установки.

6 • При установці процесу (SET Operation) в блоці управління
7 встановити Static Survey.

8 • При установці контролю супутникових траєкторій (SET
9 Satellite Tracking Control) встановити мінімальний кут
10 відсічки не менше 15° .

11 • При установці параметрів збору даних (SET DATA
12 Kollektion Parameters) необхідно:

13 а) у рядку компактний або вибірковий (Compacted or
14 Sampled) встановити компактний (Compacted)

15 б) мінімальна кількість супутників для початку запису (Min
16 set start secording) повинна бути 4 (значення в цьому рядку
17 зменшується до 3 у випадку використання режиму “вимір з
18 поверненням”)

19 в) рядок (Obs. Rec – rate start) визначення темпу запису на
20 станціях які будуть працювати одночасно, повинне бути
21 однаковим на всіх станціях 15 секунд (15 secs.)

22 2. Згідно складеного і затвердженого графіка робіт
23 оператора станції визначають час спільного включення. Для
24 забезпечення синхронності в роботі можна використовувати
25 радіостанції.

26 3. Підготовка і запуск станції для роботи на пункті
27 виконується у наступній послідовності:

28 а) розпакувати станцію;

29 б) з’єднувальними кабелями з’єднати акумулятор, блок
30 управління (контролер) і приймальний блок;

31 в) встановити і відцентрувати штатив;

32 г) встановити приймальний блок на штатив;

відповідній управляючій програмі і вводяться у контролер. Переліки кодів містять опис точок і можуть підключатися до точок в момент коли виміри вже проведені.

Параметри трансформації можуть бути визначені або у самому контролері або SKI, а вже згодом завантажені у контролер. Параметри трансформації в більшості випадків використовуються споживачами, які працюють у реальному масштабі часу.

При зйомці нормальні умови полягають в тому, щоб протягом сеансу забезпечувалось необхідне вікно для спостереження супутників, а для мобільної станції ця умова повинна виконуватися при переміщенні від однієї точки до іншої.

Польові виміри

1. GPS зйомка являє собою диференціальний метод. Два приймача вимірюють одночасно і відстежують одні і ті ж супутники. Результати отримують при пост-обробці за допомогою SKI. В SKI базисні лінії обчислюють від базового до мобільного.

Дискретність запису повинна бути встановлена однаково для обох приймачів. Бажано встановити режим збору даних однаковий (згущений або вибірковий) для базового і мобільного приймачів.

Підготовка робочих установок (місій)

Перед виїздом на польові роботи встановлюється режим

2 $5\text{мм} + 2 \text{ мм/км}^\circ D -$
3 (при $D > 10\text{км}$);

4 • по висоті: $10\text{мм} + 2 \text{ мм/ км}^\circ D >$.

5 Даний метод використовують для вирішення задач
6 контролю національних і континентальних геодезичних
7 мереж, моніторингу тектонічних рухів земної поверхні,
8 спостереження за станом дамб, фундаментів атомних
9 електростанцій і других споруд.

Псевдостатистичний метод (Pseudo-Static Positioning).

12 Відрізняються від статистичного тим, що забезпечує
13 більш високу продуктивність знімання за рахунок виконання
14 спостережень протягом декількох коротких сесій замість
15 однієї довгої. Один приймач безперервно спостерігає на
16 базовому пункті. Перевізний приймач після спостережень
17 протягом 5-10 хвилин на визначному пункті включається і
18 перетворюється на слідувачий визначний пункт, де знову
19 включається на 5-10 хвилин. Після знову виключається і
20 перевозиться на слідувачий пункт і т.ін. кожний визначений
21 пункт необхідно відвідати ще раз на 5 хвилин через 1
22 годину після першого відвідування. Цей метод практично
23 еквівалентний статичному, але замість того, щоб чекати
24 протягом 1 години зміни кон-фігурації супутників,
25 спостереження проводяться протягом 5 хвилин, а слідувачи 5
26 хвилин спостерігаються однією годиною пізніше, коли
27 конфігурація суттєво зміниться. 55 хвилин, що залишаються,
28 можна використати для відвідування додаткових невідомих
29 пунктів, точність отриманих результатів буде на рівні
30 статичного методу. Для спостережень можуть викорис-
31 товуватися як одночастотні, так і двочастотні приймачі.
32 Метод зручний, коли необхідно протягом короткого часу

виконати точні виміри координат великої кількості точок. Недоліком методу є необхідність точного планування графіка відвідування пунктів.

Швидкостатичний метод (Rapid Static Position).

Цей метод був розроблений в останні роки. Він дав можливість значно збільшити продуктивність GPS знімання. Метод відрізняється від псевдостатичного тим, що достатньо лише одного відвідування визначаємих пунктів (протягом 5-10 хвилин в незалежності від віддалі між опорним і визначаємим пунктом).

Спочатку на етапі появи даного методу, для спостережень підходили лише двочастотні Р-кодові приймачі. Зараз деякі одночастотні приймачі можна також використовувати у швидкостатичному режимі.

Кінематичний метод “Стій/іди” (Stop-and GO Kinematik Positioning)

Метод дозволяє отримати положення пунктів так швидко, як і у випадку використання електронного тахеометра при вирішенні топографічних задач. Метод потребує виконання короткої процедури ініціалізації з метою визначення цілочисленних неоднозначностей фаз. Після цього опорний приймач продовжує безперервно спостерігати на пункті із відомими координатами, другий приймач перевозиться (у включеному положенні) на перший визначаємий пункт, де знову спостерігає одну хвилину. Після він відвідує всі пункти, що залишились (які

2 **Кінематичні знімання в польоті** використовуються для
3 тих же цілей, що і кінематичні знімання, але відрізняються
4 тим, що статична ініціалізація не потрібна. Цей тип знімань
5 може успішно застосовуватись тільки у тому випадку, якщо
6 придбано додаткове програмне забезпечення AROF для SKI.

7 Сенсор і контролер можуть бути використані у якості
8 НОВІГАЦІЙНОГО приймача. При цьому на екрані дисплею
9 відображається і може бути записано місцезнаходження точки
10 в системі координат WGS 84.

11 Також контролер може наводитись на ціль і індикувати
12 координати (координаційній сітці).

УПРАВЛІННЯ ДАНИМИ

17 Дані, введені у пам'ять контролера заносяться в базу
18 даних, яка має назву GEODB. База даних GEODB включає в
19 себе проекти, завдання, перелік кодів, набір
20 трансформційних параметрів, координати окремих точок і
21 ліній.

22 “Спрі” дані GPS і положення точок р реальному часі
23 записуються в завданні. Завдання встановлюється перед
24 початком будь-яких вимірів. Воно взаємозв'язано з проєтом,
25 який може міщувати будь-яку кількість завдань.

26 В завданні можуть бути визначені також інші
27 різноманітні дані, такі як прізвище оператора, назву польової
28 папті і т.д. Проєкт має зв'язки з іншими компонентами бази
29 GEODB. Проєкт визначає які трансформційні параметри та
30 переліки кодів (якщо необхідні) будуть використані в
31 завданні.

32 Переліки кодів можуть бути використані у завданні у

статистика”.

Знімання в режимі “РЕОКУПАЦІЯ” також є різновидністю статичних знімань, але для їх здійснення необхідно, щоб точка стояння відвідувалась більше одного разу. Всі дані, зібрані на цій точці, чи відносяться вони до одного і того ж дня, або до зовсім різних дат, при обробці в SKI можуть бути об’єднані в одно рішення. Якщо при першому відвідуванні пункту спостерігалось 4 супутника, а при другому – 4 інших, то дані в SKI в режимі реокупації будуть оброблятися так, як би на цій точці спостерігалось 8 супутників.

Знімання в режимі “СТІЙ/ІДИ” дає можливість достатньо швидко визначати місцезнаходження багатьох точок. На початку знімання мобільний приймач повинен знаходитись у першій точці до тих пір, доки не буде зібрана достатня кількість даних для розрішення неоднозначності (таке поняття називається часом ініціалізації). Після мобільна станція може переміщуватися від точки до точки, не втрачаючи захвату сигналу від супутників. Метод “Стій/іди” ідеально підходить для невеликих площ, де точки розташовані близько одна від одної і немає перешкод для проходження сигналів від супутника.

Кінематичні знімання використовуються для обчислення різних місцеположень точок через раніше встановлені інтервали часу. При цьому мобільний приймач може бути встановлений на рухомій платформі. Такий метод аналогічний зніманню в режимі “Стій/іди”. Кінематичні знімання є ідеальними для відслідковування траєкторії рухомих об’єктів (наприклад, при профілюванні догоги), відслідковування місцезнаходження суден, винесених у відкрите море, платформ і т.д.

2 визначаються) лише по одному разу.

3 Найбільш поширеними є наступні процедури ініціалізації:
4 • обмін антенами, коли другий приймач знаходиться на
5 “пункті обміну” (значення його координат необов’язково)
6 вибраній на віддалі не більше 10м. від опорного.
7 Виконується спостереження 4-8 епох, після приймачі
8 переставляються (без виключення), міняючись антенами і
9 спостерігаючи 4-8 епох (до декількох хвилин), а після
10 проходить обернена процедура обміну антенами і виконання
11 спостережень для 4-8 епох;

12 • стояння другого приймача протягом 1 хвилини на другому
13 пункті з невідомими координатами, при чому цей другий
14 пункт може бути на відстані не більше 10 км від опорного
15 пункта;

16 • статичний метод, коли пункт, який визначається,
17 обирається на відстані не більше 10 км від опорного пункту,
18 а сеанс спостереження має тривалість не менше 30 хв.

19 Недолік методу полягає в необхідності безперервного
20 спос-тереження не менше 4 супутників одночасно і навіть
21 під час руху. Якщо число спостережуваних супутників падає
22 до 3 хоча б на мить, необхідно повернутися на останній,
23 успішно відвіданий визначуваний пункт або знову провести
24 процедуру ініціалізації. Щоб уникнути цього, краще всього
25 забезпечити можливість спостереження одночасно п’яти або
26 більше супутників. Точність методу при використанні
27 методу фазових спостережень:

28 1) Для двочастотних приймачів 5 супутників і 2 епохи (2
29 сек.) спостережень):

30 в плані: $20 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} \cdot D$;

31 по висоті: $20 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км} \cdot D$;

32 2) Для одночастотних приймачів:

в плані: $20 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} \cdot D$;
по висоті: $20 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км} \cdot D$;

Метод ефективний при виконанні топографічної зйомки, коли за короткий час необхідно визначити координати більшого числа точок, при побудові цифрових моделей рельєфу, визначенні місцезнаходження об'єктів місцевості, які мають форму ламаної лінії (трубопроводи, дороги та ін.).

Кінематичний метод зі статичною ініціалізацією (Kinematic with Static Initialization).

Метод дуже схожий на попередній. Також на базовому пункті з відомими координатами виконується процедура ініціалізації, потім рухомий приймач переміщується в початкову точку маршруту руху і виконує там спостереження протягом кількох хвилин. Далі рухома платформа з приймачем починає рух. По маршруту GPS-вимірювання виконується безперервно під час руху з інтервалом 1 сек. Точнісні параметри методу ті самі, що і у “Stop-and-Go”. Найчастіше застосовується для отримання координат лінійних об'єктів типу доріг, річок і т. д.

Кінематичний метод з ініціалізацією “на ходу” (Kinematic with On-the Fly Initialization).

Даний метод не потребує для ініціалізації розміщення рухомого приймача на базовій станції – ця процедура виконується безпосередньо при русі транспортного засобу по маршруту. Крім того, якщо з якоїсь причини відбувся зрив спостережень (наприклад, через проїзд під залізничним мостом), процес ініціалізації проводиться знову без зупинки руху. Точнісні параметри і сфери використання методу не

ідентифікаційної точки. Кожний файл конфігурації індивідуально ідентифікується в контролері по шестисимвольному КОДУ МІСІЇ.

В контролері виробником встановлена одна місія, яка називається **Статична зйомка ПО УМОВЧАННЮ.**

Режим роботи

Одним із найбільш важливих параметрів, що визначають файл конфігурації місії, є **Режим роботи.** Він може бути різним в залежності від особливостей виконуваного знімання. Є п'ять режимів роботи: чотири для ГЕОДЕЗІЇ – статичне знімання, знімання в режимі “СТІЙ/ІДИ”, кінематичне знімання і “Кінематика у польоті”, а один – для НАВІГАЦІЇ.

В одному проекті можна використовувати декілька місій. В місії можна використовувати різні режими роботи. Вибір режиму роботи залежить від вимог до знімання.

Коли виконуються виміри між, в крайньому випадку, двома стаціонарними приймачами, такий режим роботи називається **СТАТИЧНОЮ ЗЙОМКОЮ.** Вона є ідеальною для ліній великої довжини при спостереженнях 4 чи більш супутників. При цьому Вам необхідно виконувати спостереження, як мінімум, одну годину, на довгих лініях бажано 2 години і більше, щоб гарантувати отримання точного результату.

На коротких лініях, коли спостерігається достатня кількість супутників, при добрій геометрії, можна отримати високу точність при порівняно невисокій тривалості спостережень. Швидкість вимірів і підвищення продуктивності підтримується достатньо досконалими алгоритмами обробки в програмному забезпеченні SKI, в результаті чого реалізується знімання в режимі “Швидка

Безпосереднє вимірювання	час залежить від довжини лінії
Згортання станції (пакування і завантаження)	5-10 звинин
Переїзд між точками	Час залежить від довжини лінії

Апаратура Leica GPS-System 300 складається із наступних трьох основних частин:

1. Сенсор Leica GPS.
2. Контролер Leica GPS.
3. Програмне забезпечення SKI для роботи в статичному і кінематичному режимі.

GPS апаратура потребує диференційних спостережень, які виконуються відразу на базовій і мобільній станціях.

Спостереження на цих станціях повинні проводитися з однією тією ж швидкістю і в один і той же час.

Отримані дані обробляються за допомогою програмного забезпечення SKI для отримання кінцевих результатів.

System 300 призначена для роботи у наступних режимах: статистика, швидка статистика, реокупація, "Стій-іди" і кінематичне знімання.

Перед початком роботи слід зрозуміти сенс таких понять, як проект, місія, режим роботи і як виконується управління даними у комп'ютері.

МІСІЇ

Місія описує спосіб, на основі якого контролер формує виконання знімання. Кожна місія має відповідний ФАЙЛ КОНФІГУРАЦІЇ МІСІЇ, який має набір параметрів, що містять координати початкової точки, параметри відслідковування супутника, режим роботи, характеристики даних відслідковувань і умовні позначення

- 2 відрізняються від інших кінематичних методів.
- 3 Узагальнена структурна схема GPS-приймача

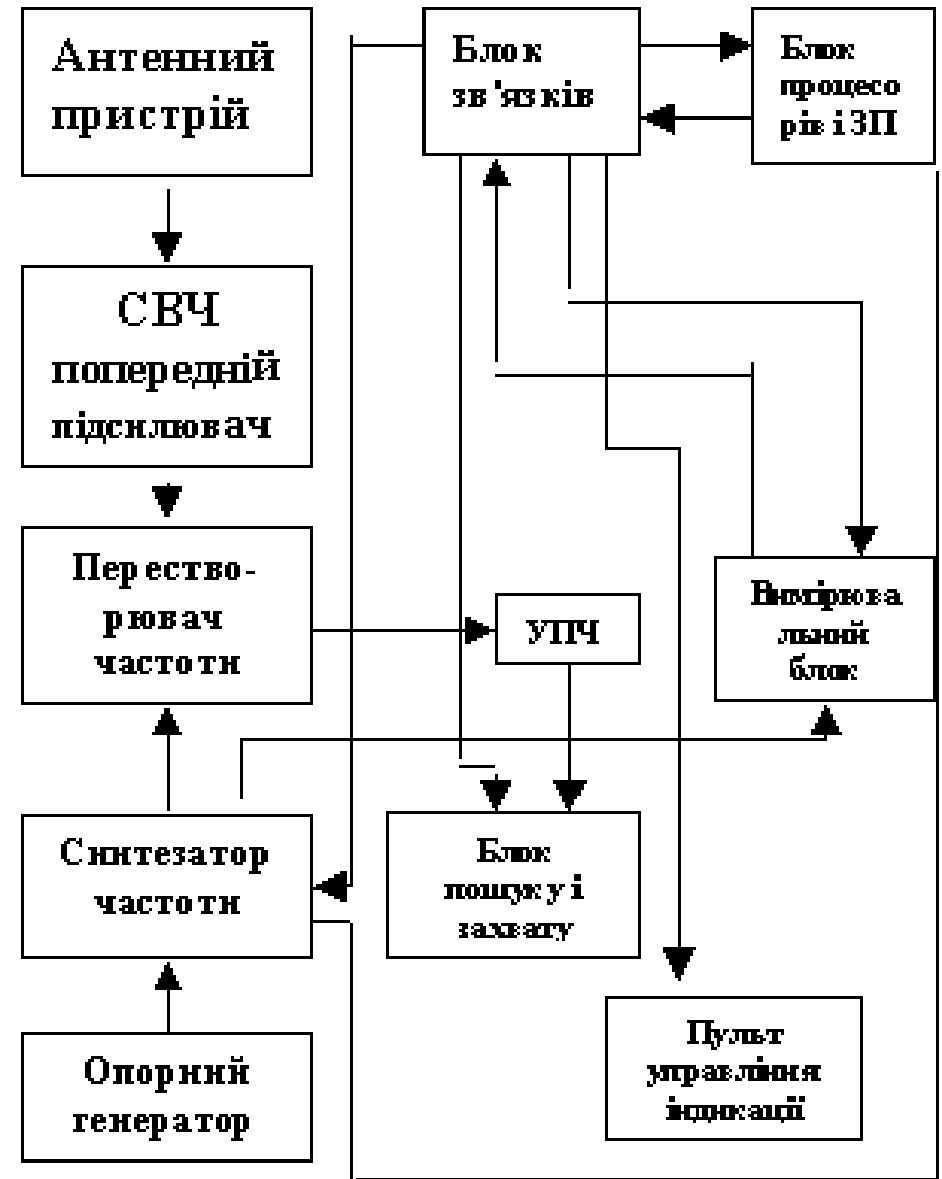


Рис. 3.3. Спрощена узагальнена структурна схема GPS приймача

Антенний пристрій забезпечує прийом радіосигналів від ГИСЗ, які знаходяться в полі зору. Радіосигнал від супутника до приймача проходить біля 200 тис. км, і сигнал має дуже малу величину. Він підсилюється попередньо зверхвисокочастотним генератором СВЧ, який розташований недалеко від антенного пристрою. Дуже часто антенний пристрій разом із попереднім підсилювачем СВЧ оформляється окремим виносним блоком, який з'єднується з основним блоком приймача каоксильним кабелем. У якості місцевого гетеродина служить високостабільний опорний генератор. Необхідна для роботи приймача сітка частот формується систезатором частот на основі використання у якості вихідних коливань сигналів опорного генератора. Основне підсилення сигналів, що приймаються, здійснює підсилювач проміжної частоти УПЧ. Безпосередньо з виходом УПЧ зв'язані блоки пошуку і захвату і вимірювальний блок. Пошук здійснюється на основі використання кодово-кореляційних методів. Після завершення пошуку здійснюється захват сигналу, який дає можливість відслідковувати відповідні сигнали протягом всього сеансу спостережень.

У вимірювальному блоці іде розподілення фазомодульованих коливань, що приймаються на кодові і чисто гармонічні сигнали від яких відділяються також сигнали, що входять у склад переданого із супутника новігаційного повідомлення. При цьому перші два види сигналів беруться в блоці процесорів для обчислення віддалей до супутників і грубе визначення координат.

- 2 6. При відстанні між пунктами більше 10 км., визначається як
- 3 опорний і мобільний, використовується схема сіткового
- 4 методу вимірювання.
- 5 7. На пункти, навколо яких є перешкоди, час спостереження
- 6 проектується індивідуально для кожного пункту при
- 7 складанні проекту.

8 Попередньо, при складанні проекту, складаються

9 графіки півисоти перешкод з ціллю виявлення можливості

10 роботи GPS System на таких пунктах. При складанні

11 графіків використовується програмний комплекс СКІ. По

12 цим графікам вибирається час для робота на цих пунктах, а

13 вся робота планується, щоб вимірювання на них були

14 виконані в сприятливий час.

15 За допомогою програми СКІ уточнюються графіки

16 пониження геометричного фактору на період виконання

17 роботи. Так як період обертання супутника навколо землі

18 складає 11,5 годин, ці графіки повторюються з такою ж

19 періодичністю. Тому графіки складають на період робіт з

20 розрахунком 1 графік на 7-10 днів.

21 З'являються попередні інтервали часу з хорошими

22 показниками DOP на кожен день спостережень протягом

23 всього періоду. Ці інтервали можуть уточнюватись в

24 процесі робіт в міру отримання нового альманаху

25 ефемерід.

Технологія виконання робіт

Встановлення і підключення станції	5-10 хвилин
Ініціалізація станції	до 15 хвилин

Лекція 4.

Практичні роботи з GPS. Підготовчі роботи.

1. Складання проекту.
2. Збір матеріалів геодезичної забезпеченості виконується у підрозділах, які раніше використовували геодезичні роботи на даному об'єкті, в міських відділах архітектури, майкмейдерських відділах і бюро.

При цьому збирають наступні матеріали.

- матеріали обстеження на даному об'єкті по раніше виконаним роботам;
- виписки із каталогів координат і висот пунктів на об'єкт роботи;
- виписки із звітів раніше виконаних геодезичних робіт;
- довідка про системи координат і висот застосованих пунктів.

3. Всі зібрані матеріали систематизуються для попереднього аналізу і складання проекту.
4. На об'єкті вибираються пункти опорні і мобільні.
5. При проектуванні створюваної і реконструйованої мережі необхідно керуватися наступними вимогами до пунктів мережі:
 - знову закладувані пункти мережі повинні забезпечувати довготривалу збереженість на місцевості, не мати перешкод, закриваючих горизонт більше 15° ;
 - перевага при виборі пунктів міської мережі віддається надбудові та спорудах;

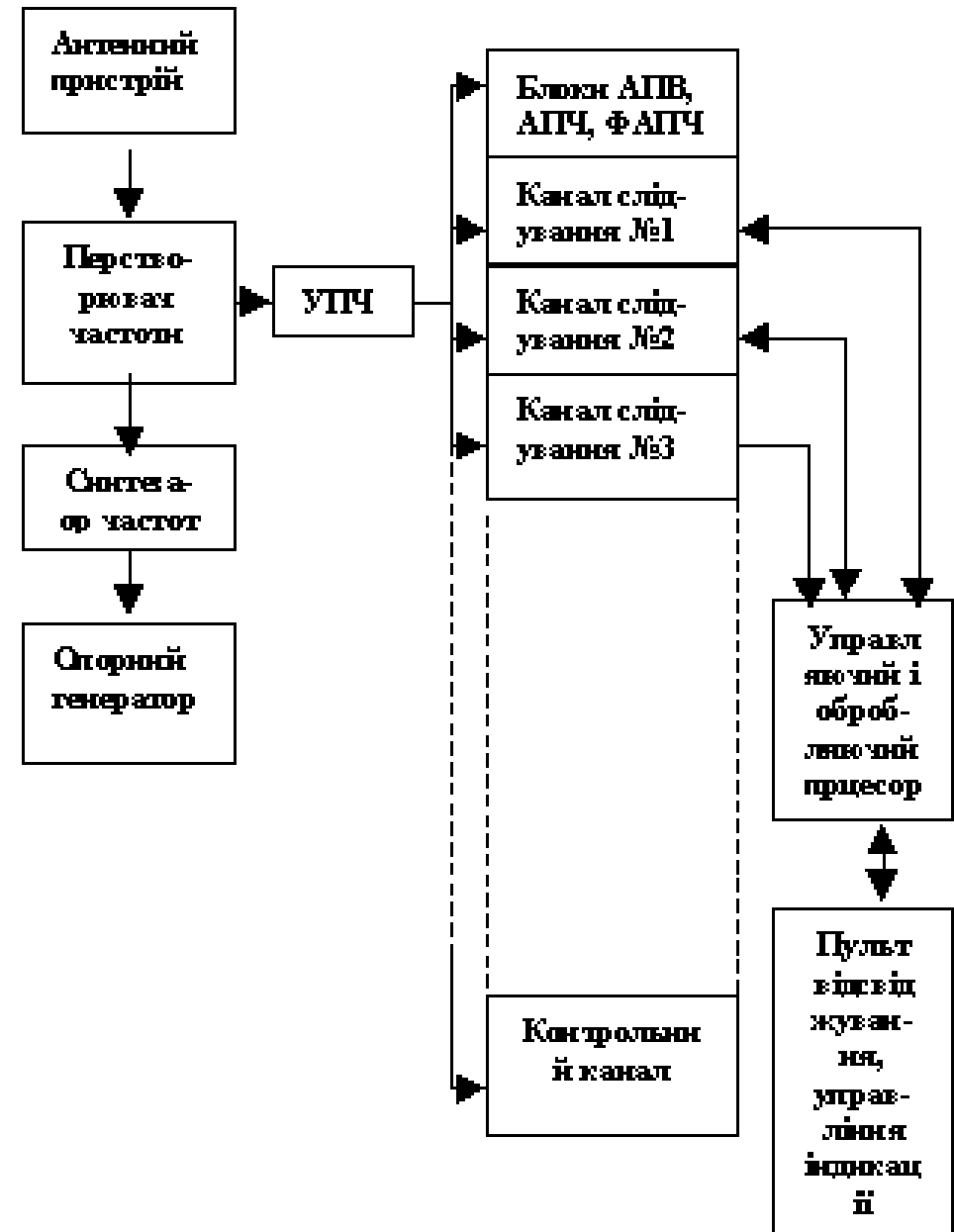
2
3

Рис.3.4.

Спрощена функціональна

схема

багатоканального GPS-приймача

Застосовується структурна селекція розділення сигналів, їх подальше відслідковування і вимірювання відповідних властивих таким сигналам параметрів на основі роботи автоматичної підстройки часу (АВП), автоматичної підстройки частоти (АПЧ) і автоматичної підстройки фази (ФАПЧ), а також на основі використання характерних для кожного супутника і для кожної сучасної частоти відповідних кадрових сигналів (для частоти L1 – C/A коду, а для частоти L2 – P коду). Контрольний канал слідування введений в схему з метою здійснення контролю за постійністю часових затримок сигналів у різних каналах. Управління всіма режимами роботи каналів і первинна обробка результатів спостережень проводиться за допомогою показаного на схемі процесора. При здійсненні структурної селекції у прийомній апаратурі користувача повинна бути можливість формування сигналу відгука, структура якого точно співпадає зі структурою сигналу від супутника, який нас цікавить. Поряд із кодовим поділом при фазових вимірах виникає необхідність використання гармонічних несучих коливань зі супутника, які очищаються від моделюючих кодових сигналів і від навігаційного повідомлення.

Приймаємий сигнал

Додаток: основні технічні характеристики GPS-приймачів.

Назва прикладу	Фірма (країна)	Точність визначення віддалей (стат. реж)	Робочі чистоти	Кількість каналів	Орієнтована ціна, USD
4600 LS Survegor	Trimble Navigation (США)	5мм+1мм/км	L1	8-12	7.500
Land Survegor Si	Trimble Navigation (США)	5мм+1мм/км	L1	9-12	18900
4000SSE Geodetic Survegor	Trimble Navigation (США)	5мм+1мм/км	L1, L2	9-12	3300
SR Z61	Leica AG (Швеція)	5мм+2мм/км	L1	6	18000
Geotracer 2100	Geotronics AB (Швеція)	5мм+1мм/км	L1	12	13000
GePoS RS 12	Calk Zeiss GMBH (Германія)	5мм+1мм/км	L1	12	8600
GSSRIA	Sokkia (Японія)	5мм+1мм/км	L1	8	7300

6
7
8
9
10

Список використаних джерел:

1. Сетевые спутниковые радионавигационные системы.- М.: Радио и связь. 1992.
2. Болдин В.А. Современные глобальные радионавигационные системы зарубежных стран.-М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1885.
3. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика /Гофман-Велленгоф Б.,Ліхтенеггер Г., Коллінз Д./ Пер. з англ. Під ред. Яцківа Я.С. – Київ: Наук. Думка, 1995.
4. Неумывакин Ю.К., Перский М.Н. Неодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. Справочное пособие.-М.: картчеочентр – Геодиздат, 1996.
- 5.Шебшаевич В.С., Григорьев В.С., Кокина Э.Г. и др. Дифференциальный режим ситевой спутниковой радионавигационной системы //Зарубежная радиоэлектроника, 1989, №1,-с.S-45.

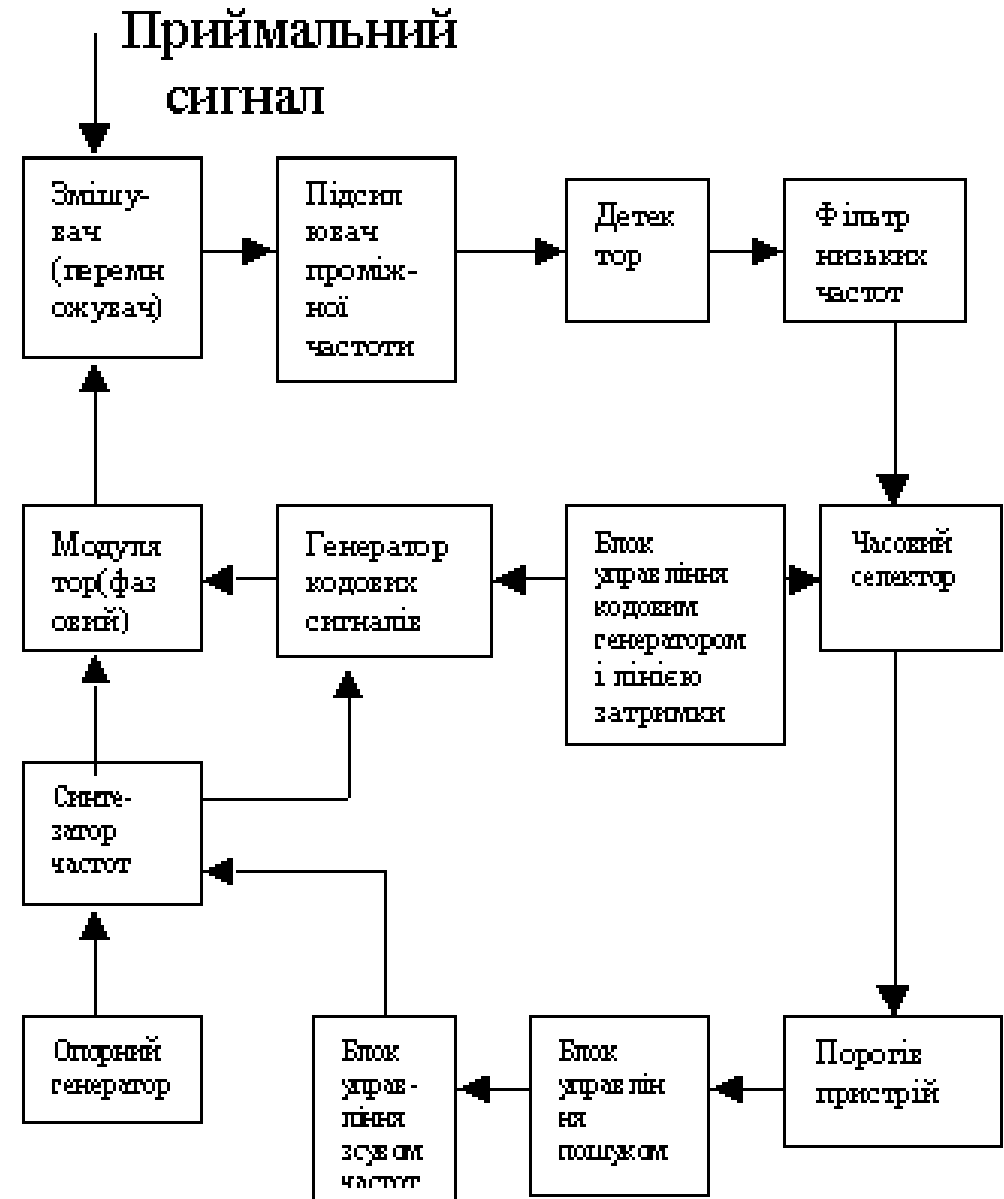


Рис. 3.5. Спрощена функціональна схема пошуку сигналів.

Принцип дії системи пошуку сигналів від потрійного супутника оснований на використанні кодів структурної і допоміжної частотної селекції. При цьому для формування місцевого сигналу відгука, що є точної копією сигналу, переданою із супутника, який нас цікавить, за допомогою відповідних автоматично працюючих пристроїв виконується послідовий перегляд можливих варіантів структурних побудов кодових сигналів, їх зсув у часі, а також значень несучих частот з урахуванням їх доплерівського зсуву. Центральним вузлом є юбок управління пошуком, який видає команди для роботи блоків управління місцевим кодовим генератором і лінією затримки, а також для блока управління зсувом частоти.

По команді, що надходить від блоку управління пошуком, блок управління кодовим генератором здійснює послідовне перемикання структур кодових сигналів, характерних для різних супутників. За допомогою блока управління зсувом частоти здійснюється підбір такої частоти місцевого генератора, яка узгоджується з доплерівською частотою сигналу, що приймається від супутника, який нас цікавить. В результаті роботи відмічених блоків управління вдається на виході базового модулятора підібрати такий місцевий сигнал відгука, який характеризується максимальним кореляційним зв'язком з сигналом, який приймається.

Така кореляційна відповідність обумовлює різке збільшення сигналу на виході змішувача, який після віддалення, детектування і фільтрації порівнюється

порочовим пристроєм.

Проблеми. В умовах України існують проблеми реалізації GPS-технології. При купівлі GPS- системи повинні враховуватись наступні моменти:

1. Практично всі роботи, які можуть виконуватись з використанням GPS, підлягають ліцензуванню (постанова Кабінету Міністрів України №1075 від 13.07.98);
2. При реалізації DGPS в режимі реального часу необхідно отримати дозвіл на використання відповідної частоти радіодіапазону для передавання диференційних поправок. Ліцензування однієї частоти, як відомо, у нас коштує біля 5 тис. USD. Супутникові канали зв'язку – ще дорожче. Можна, звичайно, використовувати любительські частотні канали, однак при цьому знижується якість передавання, що може вплинути на точність вимірювання. Ще одна альтернатива –
3. Деякі західні фірми продають GPS- приймачі з вбудованою апаратурою передавання диференційних поправок, частоти якої зафіксовані. Цілком можливо, що ці частоти у нас вже зайняті, тому такий приймач не зможе реалізувати DGPS-режим.
4. В Україні значну кількість радіоапаратури різного призначення віщає в діапазоні частот L1 і L2, тому виконання GPS- вимірювань в районах дії цієї апаратури буде ускладнено.

2 пам`яті PC.

3 Після того як дані будуть скопійовані, їх можна або
4 прийняти в проект, який попередньо повинен бути відкритим,
5 або зберегти на дискеті в якості файлів.

6 Для передавання даних зчитувального пристрою
7 встановити карточку пам`яті в зчитувальний пристрій,
8 вибрати його, використовуючи стандартні засоби (DOS чи
9 Norton commander) і скопіювати інформацію в попередньо
10 створений каталог. При цьому необхідно пам`ятати, що
11 GPS/System привласнює однакові імена файлів з інформацією,
12 тому необхідно копіювати кожен карточку в окрему
13 директорію.

14

15

16

Створення нового проекту в SKI.

17

18 Для роботи з проектами необхідно з головного меню
19 вибрати натиском лівої клавіші миші на імені команди
20 Prolect. При цьому відкривається вікно з трьома функціями
21 Manager Update Setting. Функція Manager дозволяє
22 створювати, відкривати. Копіювати, переміщувати, удаляти і
23 переіменувати проект.

24 Для кожного з цих дій служать одна із команд меню цієї
25 функції.

26 Для створення нового проекту необхідно вибрати
27 Manager і із меню команд, що з`явиться, натиском лівої
28 клавіші миші вибрати команду New. У вікні, що з`явиться,
29 потрібно ввести шлях розміщення на диску (поле Part) по
30 якому буде розміщено новий проект ім`я проекту (поле
31 Name) і код (поле Coole + обов`язковий параметр). Після
32 того, як всі вихідні дані нового проекту занесені, необхідно

натиснути пропку Ok, при цьому буде створений і автоматично відкритий новий проект, в який можна приймати дані з катрочок або із файлів, виконати обчислення і аналізувати результати. Проектів може бути створено декілька, але одночасно працювати можна тільки з одним. Для цього його необхідно відкрити для роботи; при цьому відкритий раніше проект автоматично закривається, ні не знищується з диска. В БД цього проекта записуються всі внесені на час закриття зміни. В результаті цього такий проект можна відкрити знову і продовжувати роботу.

Команди Copy служать для копіювання проектів, Move – переміщення, Delete – видалення, Rename – перейменування проектів. Для початку виконання цих команд виконати необхідні зміни і натиснути кнопку Ok.

Імпорт даних з файла.

Для імпорту даних з файла в проекті вибрати натиском лівої кнопки миші на іменах команд наступну послідовність команд: Import – із головного меню програми SKI в відкритому новому вікні вибрати функцію Measurement із списку, який з'явиться команд вибрати меню Backup IPCMSCIA.

У відкритому вікні вибрати директорію – поле (directories drives), вміщую файли карток, при цьому у вікні Files з'явиться список, вміщуючий файли вимірів і файл альманаха. Виділити, вказавши курсором та натиснув ліву клавішу миші на імені, необхідні для прийома файли і нативнув клавішу Ok. Програма зкопіює дані із вибраних файлів в операційну пам'ять і запропонує наступні вікна, в

Літнарівч Руслан Миколайович
кандидат технічних наук, доцент

ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ

Частина 2

**Конспект лекцій для студентів- заочників спеціальностей
Землепорядкування та кадастр Геоінформаційні системи
і технології**

Комп'ютерний набір, редагування тексту та макетування:
Госенко Андрій Володимирович, Соловей Роман
Миколайович, Хавило Віталіна Василівна

Кафедра Геоінформатики і геодезії
Факультет управління територіями

Чернігівський державний інститут економіки та управління
14000, м.Чернігів, вул..Белова,4

2 якому в полі Project потрібно вибрати проект, в якому ці дані
3 необхідно прийняти.

4 Виділити натисканням лівою кнопкою миші на імені чи
5 за допомогою кнопки Select all всі необхідні файли
6 вимірювань на цьому вікні і натиснути кнопку Insert.
7 Завершенням операції імпорту даних в проект є натиснення
8 кнопки Ok.

Опрацювання результатів вимірів

14 Попереднє опрацювання просторових координат
15 виконується у "вікнах" команди Data Processing. Для цього в
16 головному меню програми підвести курсор миші на поле Data
17 Processing і натиснути ліву кнопку миші.

18 Натисканням лівої кнопки миші вибрати зі списку ті
19 дані, які необхідно опрацювати і натиснути кнопку Ok. У
20 відкритому новому вікні зображені вибрані для опрацювання
21 дані.

22 Вибір точок здійснюється вручну натисканням кнопки
23 Manual. Натиснувши цю кнопку, можна визначити початок і
24 кінець інтервалу, в період якого будуть обчислюватись всі
25 статистичні комбінації між парами одночасно працюючих
26 приймачів.

27 Переходимо до обчислення координат і ліній в проекті.
28 При натисканні кнопки Manual завантажується наступне
29 вікно. В цьому вікні у вигляді лінійок часу зображені пункти,
30 на яких у цей день проводилось спостереження.

31 У нижній частині вікна знаходяться залежні перемикачі,
32 за допомогою яких можна встановлювати опорні (Referance) і

мобільні (Rover) пункти, пункти отримані в режимі вимірів з поверненням (Reoccupation), визначити інтервал часу (Winolowing).

Встановити курсор на кругле поле біля назви перемикача і натиснути ліву кнопку миші, виключити перемикач Reference.

При цьому на полі з'явиться чорна точка.

Перемістити курсор на пункт, координати якого введені користувачем чи обраховані в режимі Single point і натиснути ліву кнопку миші. Змінюється колір лінійки часу у цьому пункті.

Попередньо увімкнути перемикач Rover, виконати ті ж дії для пунктів, які будуть обчислюватися відносно установленого пункту Reference.

Виконати всі перераховані вище установки на даний день, натиснути кнопку Ok і натиснути кнопку Compute. Процес обчислення відбувається автоматично.

Після того як всі вибрані лінії будуть обчислені, стає доступною кнопка Result. При натисканні цієї кнопки відкривається вікно з результатами.

У списку цього вікна представлені всі опрацьовані пункти і службова інформація про точність отримання координат, визначення координат в базі проєкту, вирішення неоднозначності для цих пунктів, режим вимірювання не цьому пункті.

Вибрати, натисканням лівої кнопки лише на імені пунктів, для яких вирішення неоднозначності виконано успішно і зберегти координати цих пунктів в базі проєкту "натисканням" кнопки Store.

Для отримання координат в прийнятій системі використовуємо вікно команд Ratum/Map. У цьому ми

Література

1. Уралов С,с, Курс геодезической астрономии: Учебник для вузов. М.: Недра, 1980,-592с.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. «Джангар» «Большая медведица». М.:2001,-863с.
3. Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему: „Визначення координат пункту за виміряними псевдо відстанями, отриманими з GPS –спостережень” для студентів всіх спеціальностей геодезичного факультету Державного університету „Львівська політехніка”/укладення А.Т. Дудьцев, І.М. Цюпак.-Львів: Д.У.:”Львівська політехніка”,1997,-20с.
4. Літнарлович Р.М., Кравцов М.І. До питання оінки точності визначення координат пункту із GPS спостережень. Інженерна геодезія Вип..50,К.-2004,-с125...134.

Розроблена методика строгого зрівноваження при визначенні координат пунктів з GPS спостережень. Приведена раціональна оцінка точності результатів. Надається порівнювальний аналіз з традиційним зрівноваженням.

$$\frac{1}{p_x} = 1,262; \quad \frac{1}{p_y} = 6,757;$$

$$\frac{1}{p_z} = 7,427; \quad \frac{1}{p_t} = 3,075.$$

$$\frac{1}{p_z} \quad i \quad \frac{1}{p_t}$$

Як бачимо, отримані двома методами значення величин невідомих Δ_x , Δ_y , Δ_z , Δ_t та значення обернених ваг ідентичні, що стосується величин

$$\frac{1}{p_x}, \quad \frac{1}{p_y}$$

то вони мають розходження.

Висновки і перспективи:

Приведена методика обчислень величин невідомих та їх обернених ваг за допомогою визначників може бути використана для обробки даних GPS – спостережень на виробництві і в учбовому процесі.

2 переходимо від отриманих координат в WGS 84 до локальної
3 системи координат, відомої для даного місця.

4 Datum/Map складається з наступних компонентів:

5 Import/Export дозволяє вводити набір координат,
6 параметрів референц-еліпсоїдів і визначати набір
7 картографічних проекцій. Якщо деякий референц-еліпсоїд і
8 набір проекцій відповідають набору координат прийнятої
9 системи, то декартові, геодезичні і координати прийнятої
10 системи можуть бути негайно виведені на екран. Це буде,
11 якщо доступна інформація про висоту геоїда над еліпсоїдом.

12 Параметри перетворення дозволяють визначити
13 деякий набір параметрів перетворення на основі спільних
14 точок та обраного методу перетворення.

15 Координати перетворення дозволяють застосувати
16 набір перетворення до набору координат і тим самим
17 обчислити перетворений набір координат.

18 1. Оберіть Datum/Map.

19 2. Оберіть Import/Export.

20 Тепер ми можемо обрати між:

21 • Coordinate sets... (набором координат).

22 • Reference Mipsoids... (референц-еліпсоїдами)

23 • Map projection sets... (набором картографічних проекцій)

24 3. Оберемо Coorolinate sets.

25 Для кожного набору координат вказується ідентифікатор
26 (ім'я), джерело, загальна кількість точок і дата останньої
27 модифікації. Існує чотири можливих джерела:

28 • project - набір координат був створений шляхом передачі з
29 бази даних проекту SKI.

30 • manual – набір координат був створений користувачем
31 шляхом ручного вводу.

32 • ASCII - набір координат був створений шляхом

імпортування файла ASCII

•trans – набір координат був створений в результаті перетворення іншого набору координат

Добавляємо нові набори координат, натискаючи add, і вибираючи за допомогою input type (тип вводу), один із бази даних проекту, другий шляхом ручного вводу координат прийнятої локальної системи.

Трансформаційні параметри (параметри перетворення).

Для перетворення координат із однієї системи в другу повинні бути відомі так звані параметри перетворення. Для визначення таких параметрів повинні бути доступні координати декількох одних і тих же фізичних точок в обох системах координат.

Тип застосованого перетворення залежить як від апіорно доступної інформації, так і від потрібних результатів. У тому випадку, якщо геометрія або існуюча GPS-мережа повинні бути збережені, слід застосовувати класичний метод перетворення.

Вивід на екран і експорт набору координат.

Для цього:

1. Виберіть Coordinate sets... (набір координат.)
2. Виберіть із блоку списку набір координат.
3. Натисніть Display для вводу координат на екран.

При виводі на екран координат із деякого набору координат завжди вказується ім'я цього набору, джерело, референс – еліпсоїд і відповідний набір проєкцій.

Можливість виводу на екран декартових, геодезичних або координат в системі користувача, еліпсоїдної чи ортометричної висоти залежить від того, чи вказані для цього набори референс-еліпсоїдів і / або деякий набір проєкцій.

Порівняємо отримані результати.

Обчислення невідомих за формулою (5) дали наступні результати:

$$\Delta = 1,7389299$$

$$\Delta x = +0,04107$$

$$\Delta y = +0,0206867$$

$$\Delta z = -0,202078$$

$$\Delta t = -18,117777$$

$$\frac{1}{p_x} = 0,90846916 ;$$

$$\frac{1}{p_y} = 0,98967916 ;$$

$$\frac{1}{p_z} = 7,425822;$$

$$\frac{1}{p_t} = 3,0747156;$$

Ці величини не виключають сумнівів, оскільки контролюються всі значення Δ , Δ_{11} , Δ_{22} , Δ_{33} , Δ_{44} . За традиційним вирівнюванням [3] отримані такі результати:

$$\Delta x = +0,041; \quad \Delta y = 0,022;$$

$$\Delta z = -0,199; \quad \Delta t = 18,116.$$

15	-0,8734 с/п		[ad]
16	+0,58265 с/п		[ac]
17	+2,13518 с/п		[cc]
18	-3,41830 с/п		[cd]
19	-0,87534 с/п		[ad]
20	-3,41830 с/п		[cd]
21	+6,00 с/п		[dd]
22		+1,7209827	Δ22
23	+1,69324 с/п		
24	-0,72716 с/п		[aa]
25	В/О С/П		[ab]
26	-0,87534 с/п		[ad]
27	-0,72716 с/п		[ab]
28	+2,17156 с/п		[bb]
29	-1,26364 с/п		[bd]
30	-0,87534 с/п		[ad]
31	-1,26364 с/п		[bd]
32	+6,0 с/п		[dd]
33		+12,912984	Δ33
34	В/О С/П		
35	-1,69324 с/п		[aa]
36	-0,72716 с/п		[ab]
37	+0,58265 с/п		[ac]
38	-0,72716 с/п		[ad]
39	+2,17156 с/п		[bb]
40	+0,41269 с/п		[bc]
41	+0,58265 с/п		[ac]
42	0,41269 с/п		[bc]
43	+2,13518 с/п		[cc]
44			Δ44

2

3

Для добавлення нових координат:

4

5

1. Натисніть Add для виводу на екран діалогового блоку, відповідного вибраному координатному представленню.

6

2. Введіть нові значення координат.

7

8

3. Натисніть Next для добавлення координат.

9

4. Натисніть ОК для підтвердження і збереження координат в базі даних програми.

10

11

Обчислення параметрів перетворення.

12

1. Із комбінаційного блоку виберіть модель перетворення.

13

2. Із комбінаційного блоку виберіть число обчислюємих параметрів або виберіть їх шляхом редагування параметрів в індивідуальному порядку.

14

15

16

3. Натисніть Compute для запуску обчислень або Cansel для перериву функції.

17

18

19

На екран виводяться результуючі параметри перетворення разом із значенням С.К.Н. Для оцінки результату ми можемо продивитись похибки в декаметрових або геодезичних координатах. При отриманні результатів, що Вас задовольняють, збережіть параметри перетворень в базі даних.

20

21

22

23

24

25

26

27

28

Лекція 5.

29

Визначення координат пункту за виміряними псевдо відстанями, отриманими із GPS спостережень.

30

31

32

Практичні основи абсолютного методу

З основного порівняння космічної геодезії для топоцентричного радіуса-вектора супутника r' запишемо

$$r' = r - R,$$

де r і R – геоцентричні радіуси – вектори супутника і пункту спостереження, відповідно

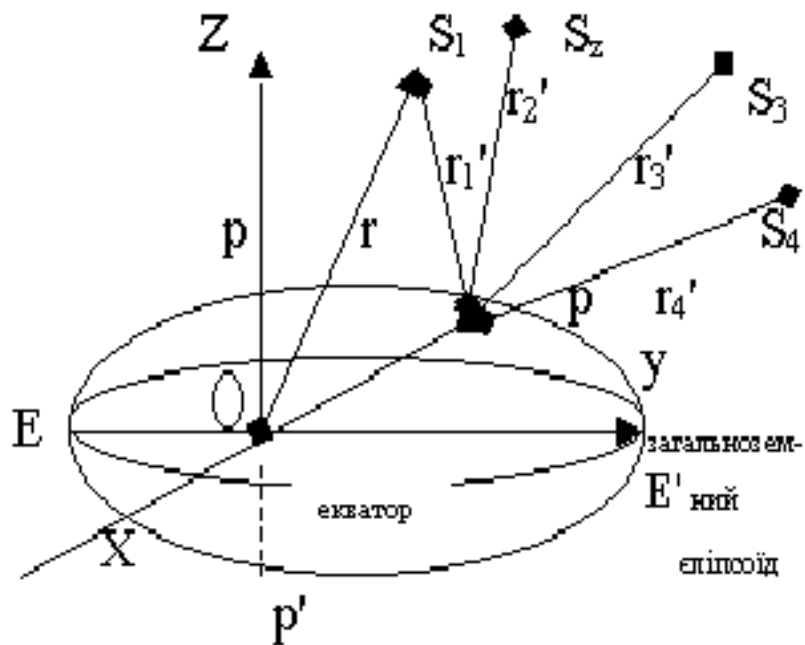


Рис.5.1. Принципова схема GPS спостережень

Псевдовідстань ρ – це модуль топоцентричного радіуса – вектора супутника $|r'|$, збільшений або зменшений (в залежності від знаку τ) на величину добутку швидкості світла c та різниці поправок годинників супутників і приймача τ :

$$\rho = |r'| + c \tau, \quad (5.2)$$

або
$$\rho = |r - r| + c \tau. \quad (5.3)$$

Оцінка точності елементів

Програма №3.

Розрахунок визначників розміром 3x3

	00	01	02	03	04	05	06	07	08
00	5	ХПЦ	9	ХПО	С/П	КХП4	04	ПХ6	ПХА
10	X	ПХ7	ПХ9	X	-	ПХЕ	ХП1	ПХ9	ПХ8
20	X	ПХВ	ПХ6	X	-	ПХD	ПХ1	+	ХП1
30	ПХ7	ПХВ	X	ПХa	ПХ8	X	ПХС	X	ПХ1
40	+	ПХ1	С/П						

Протокол №4. Розрахунку за програмою

№ пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	В/О С/П		[]
2	+2,17156 с/п		[bb]
3	+0,41269 с/п		[bc]
4	-1,26364 с/п		[bd]
5	+0,41269 с/п		[bc]
6	+2,13518 с/п		[cc]
7	-3,41830 с/п		[cd]
8	-1,26364 с/п		[bd]
9	-3,41830 с/п		[cd]
10	+6,0 с/п		[dd]
11		+1,5797642	$\Delta 11$
12	В/О С/П		
13	+1,69324 с/п		[aa]
14	+0,58265 с/п		[ac]

Протокол №3. Рішення системи нормальних рівнянь

№ пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	4 ХПО		<i>Nn</i>
2	+1,69324 в/о с/п		<i>Aaa</i>
3	-0,2716 с/п		<i>Aab</i>
4	+0,58265 с/п		<i>Aac</i>
5	-0,87534 с/п		<i>Aad</i>
6	+15,796 с/п		<i>-al</i>
7	-0,72716 с/п		<i>Aab</i>
8	+2,17156 с/п		<i>Bbb</i>
9	+0,41269 с/п		<i>Bbc</i>
10	-1,26364 с/п		<i>Bbd</i>
11	+22,826 с/п		<i>-bl</i>
12	+0,58265 с/п		<i>Aac</i>
13	+0,41269 с/п		<i>bbc</i>
14	+2,13518 с/п		<i>Ccc</i>
15	-3,41830 с/п		<i>Ccd</i>
16	+61,533 с/п		<i>-cl</i>
17	-0,87534 с/п		<i>Aad</i>
18	-1,26364 с/п		<i>Bbd</i>
19	-3,41830 с/п		<i>Ccd</i>
20	+6,0 с/п		<i>Ddd</i>
21	-108,078 с/п		<i>-dl</i>
22		+0,0410859 с/п	Δx
23		+0,0206867 с/п	Δy
24		-0,202078 с/п	Δz
25		-1811777 с/п	Δt

2

3 Через координати і-го супутника $r_i \{x_i, y_i, z_i\}$ та пункту
4 $r(x, y, z)$ вираз (5.3) прийме вигляд:

5

6

$$7 \quad P_i = \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2 + (z_i - Z)^2} + c \cdot \tau, \quad (5.5)$$

8

9
10 Рівняння похибок. Для зрівноваження координат пункті та
11 поправки часу рівняння похибок запишемо у вигляді

12

$$13 \quad \frac{\delta \rho_i}{\delta x} \Delta x + \frac{\delta \rho_i}{\delta y} \Delta y + \frac{\delta \rho_i}{\delta z} \Delta z + \frac{\delta \rho_i}{\delta \tau} \Delta \tau -$$

$$14 \quad -\Delta \rho_i = v_i, \quad (5.5)$$

15

16 для $i = 1, 2, \dots, n$.

17 де $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ і $\Delta \tau$ – поправки до координат пункту і до
18 показників часу годинника приймача;

19 v_i – похибки; $\Delta \rho_i$ – різниця між виміряною та обчисленою
20 псевдо відстанню до і-го супутника, n – кількість вимірних
21 псевдовідстаней ($n \geq 4$).

22 В рівнянні похибок (5.5) позначимо частинні похідні та
23 вільний член рівняння відповідно через a_i, b_i, c_i, d_i та l_i і
24 представимо його у звичному вигляді

25

26

$$27 \quad a_i \Delta x + b_i \Delta y + c_i \Delta z + d_i \Delta \tau + l_i = v_i, \quad (5.6)$$

28

29

30

31

32

для $i = 1, 2, \dots, n$.

У формулі (5.6) порядок величин a_i, b_i, c_i значно

менший від порядку коефіцієнта d_i .

При обчисленні це приводить до великих похибок заокруглень і до зниження точності визначуваних параметрів $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ і Δt .

Тому будемо шукати не саму поправку годинника приймача Δt , а поправку до її добутку на швидкість світла ($c = 299792.548 \text{ км/с}$), а саме $\Delta t = c \cdot \Delta t$. Тобто визначаємо систе-матичну похибку геометричних відстаней від супутника до антени приймача, викликану похибкою годинника приймача, яка і перетворює відстані у псевдовідстані.

При цьому

$$a_i = - \frac{x_i - x^0}{\rho_i} ; b_i = - \frac{y_i - y^0}{\rho_i} ;$$

$$c_i = - \frac{z_i - z^0}{\rho_i} ; d_i = 1. \quad (5.7)$$

$$l_i = - [(\rho_i)_{\text{вим.}} - (\rho_i)_{\text{обч.}}] \quad (5.8)$$

$$(\rho_i)_{\text{обч.}} = \sqrt{(x_i - x^0)^2 + (y_i - y^0)^2 + (z_i - z^0)^2} + c \cdot t, \quad (5.9)$$

де x^0, y^0, z^0 - наближені координати пункту,

$(\rho_i)_{\text{вим.}}$ - виміряна псевдовідстань.

Система нормальних рівнянь. Систему рівнянь похибок (5.6) перетворюють у систему нормальних рівнянь:

$$\begin{aligned} [aa]\Delta x + [ab]\Delta y + [ac]\Delta z + [ad]\Delta t + [al] &= 0, \\ [ab]\Delta x + [bb]\Delta y + [bc]\Delta z + [bd]\Delta t + [bl] &= 0, \\ [ac]\Delta x + [bc]\Delta y + [cc]\Delta z + [cd]\Delta t + [cl] &= 0, \\ [ad]\Delta x + [bd]\Delta y + [cd]\Delta z + [dd]\Delta t + [al] &= 0 / . \end{aligned} \quad (5.10)$$

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ХП4	1	4	ХП2	ПХ0	ХП1	С/П	ПХ4	:	КХП2
10	FL1	06	1	4	ХП3	ПХО	ХП1	FL1	23	КПХ3
20	С/П	БП	19	СХ	КХП2	FL1	24	КХП2	ПХ0	ПХ2
30	+	ХП1	ХП2	ПХ3	-	FX≠0	42	С/П	ПП	84
40	БП	28	КПХ0	ПХ0	ХП3	С/П	КПХZ	-	ХП4	С/П
50	КПХ2	-	ПХ4	:	КХП1	FL3	49	ПХ1	ПХ0	+
60	ХП3	1	4	ХП1	ХП2	КПХ1	/-/	ПП	84	ПХ3
70	+	ХП3	ПХ1	-	FX=0	65	ПХ0	ХП1	КПХ3	КХП2
80	FL1	78	БП	12	ПХ0	↔	В↑	КПХ3	Х	КПХ1
90	+	КХП5	FO	FL0	86	FO	ХП0	В/О	ПХС	С/П
100	ПХВ	С/П	ПХa	С/П	F	АВТ				

15	-1,69324с/п		a1	15	-15,796с/п		[al]
16		-0,8718829	-B1	16		+0,003146	-B1
17	-0,72716с/п		b1	17	-0,72716с/п		[ab]
18		+0,72043334	C1	18		-0,348668	C1
19	+0,58265с/п		C1	19	+0,58265с/п		[ac]
20		-0,82453916	-D1	20		28,64741	-D1
21	-0,87534с/п		D1	21	-0,87534с/п		[ad]
22		1,7389299	Δ	22		-0,071422	-ΔX'

Визначимо величини $\Delta x_i \frac{1}{p_x}$

$$\Delta X = \frac{\Delta X'}{\Delta} = \frac{+0,071422}{1,7389299} = 0,04107.$$

$$\frac{1}{p_x} = \frac{\Delta_n}{\Delta} = \frac{1,797642}{1,7389299} = 0,90846916$$

Рішення системи нормальних рівнянь

Раціональну систему нормальних рівнянь розраховувати за програмою №2.

Програма №2. Рішення систем нормальних рівнянь ≤ 4 .

2 Систему (5,10) рішення за способом найменших квадратів

$$3 \Delta x = - \frac{[ab]}{[aa]} \Delta y - \frac{[ac]}{[aa]} \Delta z - \frac{[ad]}{[aa]} \Delta t - \frac{[al]}{[aa]} \quad (5.11)$$

6 Вихідні дані

7 Наближені значення координат пункту і поправки
8 годинника приймача:

9 $X^\circ = 3756636,20\text{м}; Y^\circ = 1696778,70\text{м};$

10 $Z^\circ = 4851345,4\text{м}.$

11 $\tau^\circ = z \cdot 10^{-8} \text{ с}.$

14 **Дані ефемерид ШСЗ та вимірювання псевдовіддалі у м.**

№ ШСЗ	X_i	Y_i	Z_i	ρ_i
1	21165422,3	-2317017,3	16040786,9	21080322,30
12	3030896,9	22043977,6	15085818,0	22787708,36
13	-10097627,7	6486215,8	23764860,7	23929070,38
20	16308696,6	5433810,2	20101613,8	20101997,98
24	-5860111,0	232676694,5	11669171,6	24581883,70
25	12057792,1	-14347893,2	18830556,3	22842044,70

16

17

Обрахування коефіцієнтів та вільних членів рівняння похибок

№	a (Δx)	b (Δy)	c (Δz)	d(Δz)	l	s	v	v ²
	+0,041	+0,022	-0,199	- 18,116				
1	-0,82583	+0,19040	-0,53080	1	18,018	17,85177	-0,022	0,000484
2	+0,03185	-0,89290	-0,44912	1	18,048	17,67413	0,0	0,0
3	0,57897	-0,20015	-0,79040	1	17,928	18,51642	-0,011	0,000121
4	-0,62442	-0,18590	-0,75864	1	18,008	17,43904	0,013	0,000169
5	0,39121	-0,87751	-0,27735	1	18,068	18,30435	0,004	0,000016
6	-0,36342	0,70242	-0,61199	1	18,008	18,73501	0,014	0,000196

Обрахування коефіцієнтів та вільних членів нормальних рівнянь

	a]	b]	c]	d]	l]	s]	контроль
a]	1,69324	-0,72716	0,58265	-0,87534	-15,796	-15,122	-15,122
b]		2,17156	0,41269	-1,26364	-22,826	-22,233	-22,233
c]			2,135	-3,41830	-61,533	-61,821	-61,821
d]				6,0	108,078	108,521	108,521

Розв'язування системи нормальних рівнянь

Для практичного розрахунку за вищеприведеними формулами використовуємо дані, приведені в [3];

	a]	b]	c]	d]	l]
[a	+1,69324	-0,72716	+0,58265	-0,87534	-15,796
[b	-0,72716	+2,17156	+0,41269	-1,26364	-22,826
[c	+0,58265	+0,41269	+2,13518	-3,41830	-61,533
[d	-0,87534	-1,26364	-3,41830	-6,0	+108,078

Протокол №2.

Контрольний розрахунок визначника, оповнення $\Delta l_1 = A_1$ і першого невідомого Δx .

№ П/П	Введення даних	Результат	Позначення	№ П/П	Введення даних	Результат	Позначення
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	-0,72716с/п		a2	2	-22,726с/п		[bl]
3	+2,17156с/п		b2	3	+2,17156с/п		[bb]
4	+0,41269с/п		c2	4	+0,41269с/п		[bc]
5	-1,26364с/п		d2	5	-1,26364с/п		[bd]
6	+0,58265с/п		a3	6	-61,533с/п		[cl]
7	+0,41269с/п		b3	7	+0,4169с/п		[bc]
8	+2,13518с/п		c3	8	+2,13518с/п		[cc]
9	-3,41830с/п		d3	9	-3,41830с/п		[cd]
10	-0,87534с/п		a4	10	+108,078с/п		[dl]
11	-0,87534с/п		b4	11	-1,26364с/п		[bd]
12	-3,41830с/п		c4	12	-3,41830с/п		[cd]
13	-6,0 с/п		d4	13	+6,0с/п		[dd]
14		+1,5797642	$\Delta l_1 = A_1$	14		+1,5793102	A1

[ad] [db] [cd] [dd]

Перейдемо до визначення ваг для оцінки точності

$$P\Delta x = \frac{\frac{\Delta x'}{\Delta}}{\Delta_{11}} ; \quad P\Delta y = \frac{\frac{\Delta y'}{\Delta}}{\Delta_{22}} ; \quad P\Delta z = \frac{\frac{\Delta z'}{\Delta}}{\Delta_{44}}$$

$$P\Delta z = \frac{\Delta}{\Delta_{33}} ; \quad P\Delta t = \frac{\Delta}{\Delta_{44}} ; \quad (11)$$

$$\Delta_{11} = \begin{Bmatrix} [bb] & [bc] & [bd] \\ [bc] & [cc] & [cd] \\ [db] & [cd] & [dd] \end{Bmatrix} ; \quad (12)$$

$$\Delta_{22} = \begin{Bmatrix} [aa] & [ac] & [ad] \\ [ac] & [cc] & [cd] \\ [ab] & [cd] & [dd] \end{Bmatrix} ; \quad (13)$$

$$\Delta_{33} = \begin{Bmatrix} [aa] & [ab] & [ad] \\ [ab] & [bb] & [bd] \\ [ad] & [bd] & [dd] \end{Bmatrix} ; \quad (14)$$

$$\Delta_{44} = \begin{Bmatrix} [aa] & [ab] & [ac] \\ [ab] & [bb] & [bc] \\ [ac] & [bc] & [cc] \end{Bmatrix} ; \quad (15)$$

	a]	b]	c]	d]	l]	s]	контроль
I	1,69324	-0,72716	0,58265	-0,87534	-15,796	-15,122	-15,122
Ei	-1	0,42945	-0,34410	0,51696	9,329	8,931	8,931
II		2,17156	0,41269	-1,26364	-22,826	-22,233	-22,233
1·Ei		-0,31228	0,25022	-0,37591	-6,784	-6,494	
II'		1,85928	0,66291	-1,63955	-29,610	-28,727	-28,727
E2	+	-1	-0,35654	0,88182	15,926	15,451	15,451
III			2,13518	-3,41830	-61,533	-61,821	-61,821
1·E1			-0,20049	0,30120	+5,435	+5,203	
II'·E2			-0,23635	0,58456	10,557	10,242	
III'			-1,69834	-2,53254	-45,541	-46,376	-46,375
E3			-1	1,49119	26,815	27,307	27,306+
IV				6,0	108,078	108,521	108,521
IE1			+	0,45252	-8,166	-7,817	
II'E2				1,44579	-26,111	-25,332	
III'E3				3,77650	-67,910	-69,155	
IV'				0,32519	5,891	6,217	6,216
E4				-1	-18,116	-19,118	-19,116
Δt				-18,116	-18,116		
Δz			-0,199	-27,014	26,815		
Δy		+0,022	0,071	-15,975	15,926		
Δx	+0,041	0,009	0,068	-9,365	9,329		

Контроль розв'язку системи нормальних рівнянь обчислені поправки Δx , Δy , Δz і $\Delta \tau$ підставляють у систему нормальних рівнянь і отримують нулі.

$$\begin{aligned} 0,0694-0,0160-0,1160+15,8577-15,796 &= -0,001 \\ 0,0298+0,0478-0,0821+22,8921-22,826 &= 0,002 \\ 0,0239+0,0091-0,4249+61,9259-61,533 &= 0,001 \\ 0,0359-0,0278+0,6802+108,696+108,078 &= -0,002 \end{aligned}$$

Обчислення зрівноважених пара-метрів

$$\begin{aligned} x &= x^0 + \Delta x = 3756636,1 + 0,041 = 3756636,141 \text{ м}; \\ y &= y^0 + \Delta y = 1696778,2 + 0,022 = 1696778,222 \text{ м}; \\ z &= z^0 + \Delta z = 4851345,3 - 0,199 = 4851345,101 \text{ м}; \\ \tau &= \tau^0 + \Delta \tau = 6 \cdot 10^{-6} - 6,0 \cdot 10^{-6} = 0,0 \text{ с}. \end{aligned}$$

Оцінка точності

Середня квадратична похибка оди-ниці ваги.

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-k}} = \sqrt{\frac{[0,000984]}{6-4}} = 0,022 \text{ м}.$$

Обернені ваги

$$\frac{1}{p_t} = \frac{1}{[dd \cdot 3]} = \frac{1}{0,32519} = 3,075$$

$$\frac{1}{p_z} = \frac{1}{[cc \cdot 2]} + \frac{1}{[dd \cdot 3]} \cdot \left(\frac{[cd \cdot 2]}{[cc \cdot 2]} \right)^2 =$$

за допомогою визначників, для якого отримаємо значення невідомих [1].

$$\Delta X = \quad ; \Delta Y = \quad ; \Delta Z = \quad ; \Delta t =$$

$$\Delta = \left\{ \begin{array}{cccc} [aa] & [ab] & [ac] & [ad] \\ [ab] & [bb] & [bc] & [bd] \\ [ac] & [bc] & [cc] & [cd] \\ [ad] & [bd] & [cd] & [dd] \end{array} \right\} ; \quad (6)$$

$$\Delta X' = \left\{ \begin{array}{cccc} [al] & [ab] & [ac] & [ad] \\ [bl] & [bb] & [bc] & [bd] \\ [cl] & [bc] & [cc] & [cd] \\ [ld] & [bd] & [cd] & [dd] \end{array} \right\} ; \quad (7)$$

$$\Delta Y' = \left\{ \begin{array}{cccc} [aa] & [al] & [ac] & [ad] \\ [ab] & [bl] & [bc] & [bd] \\ [ac] & [cl] & [cc] & [cd] \\ [ad] & [dl] & [cd] & [dd] \end{array} \right\} ; \quad (8)$$

$$\Delta Z' = \left\{ \begin{array}{cccc} [aa] & [ab] & [al] & [ad] \\ [ab] & [bb] & [bl] & [bd] \\ [ac] & [cb] & [cl] & [cd] \\ [ad] & [db] & [cl] & [dd] \end{array} \right\} ; \quad (9)$$

$$\Delta t' = - \left\{ \begin{array}{cccc} [aa] & [ab] & [ac] & [al] \\ [ab] & [bb] & [bc] & [bl] \\ [ac] & [cb] & [cc] & [cl] \end{array} \right\} ; \quad (10)$$

Результати приведені в таблиці

Протокол №1

розрахунку за програмою

№ пп	Введення даних	Результат	Позначення	№ пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	В/О С/П			12	8С/П		с4
2	4С/П		a2	13	5С/П		d4
3	4С/П		b2	14		8	A1
4	2С/П		c2	15	6С/П		a1
5	1С/П		d2	16		16	-B1
6	0С/П		a3	17	3С/П		b1
7	4С/П		b3	18		52	C1
8	4С/П		c3	19	0С/П		c1
9	2С/П		d3	20		72	-D1
10	7С/П		a4	21	3С/П		d1
11	7С/П		b4	22		-216	Δ

Результати розрахунків за запро-панованою програмою ідентичні приведеним в [2,-с.225]

Рішення нормальних рівнянь за допомогою визначників

Як відомо, у космічній геодезії виникає необхідність у рішенні чотирьох нормальних рівнянь і оцінці точності результатів: система нормальних рівнянь в цьому випадку має вигляд:

$$\begin{aligned} [aa]\Delta x + [ab]\Delta y + [ac]\Delta z + [ad]\Delta t + [a1] &= 0; \\ [ab]\Delta x + [bb]\Delta y + [ba]\Delta z + [bd]\Delta t + [b1] &= 0; \\ [ac]\Delta x + [bc]\Delta y + [cc]\Delta z + [cd]\Delta t + [c1] &= 0; \\ [ad]\Delta x + [bd]\Delta y + [cd]\Delta z + [dd]\Delta t + [d1] &= 0; \end{aligned}$$

(4)

Система рівнянь (4) може бути рішена як методом послідовного включення невідомих по схемі Гауса, так і

$$= \frac{1}{1,69834} + \frac{1}{0,32519} (1,49119)^2 = 7,427$$

$$\frac{1}{p_y} = \frac{1}{[bb \cdot 1]} + \frac{1}{[cc \cdot 2]} \left(\frac{[bc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} \right)^2 +$$

$$+ \frac{1}{[dd \cdot 3]} \cdot \left(\frac{[cd \cdot 2]}{[cc \cdot 2]} \cdot \frac{[dc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} - \frac{[bd \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} \right)^2 = \frac{1}{1,85928} +$$

$$+ \frac{1}{1,69834} (-0,35654)^2 + \frac{1}{0,32519} \cdot$$

$$\cdot [(1,49119)(-0,35654) - 0,88482]^2 = 6,757$$

$$\frac{1}{p_x} = \frac{1}{[aa]} + \frac{1}{[bb \cdot 1]} \left(\frac{[bc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} \right)^2 +$$

$$+ \frac{1}{[cc \cdot 2]} \cdot \left(\frac{[bc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} - \frac{[ab]}{[aa]} \right)^2 -$$

$$- \frac{[ac]}{[aa]} \left(\frac{[cd \cdot 2]}{[cc \cdot 2]} \right) + \frac{1}{[dd \cdot 3]} \left(\frac{[cd \cdot 2]}{[cc \cdot 2]} \right)^2 +$$

$$\left(\frac{[ac]}{[aa]} - \frac{[bc \cdot 1]}{[bb \cdot 1]} \cdot \frac{[ab]}{[aa]} \right) + \frac{[bd \cdot 1]}{[bb \cdot 1]}$$

$$\frac{[ab]}{[aa]} - \frac{[ad]}{[aa]}^2 = \frac{1}{1,69324}$$

$$\frac{1}{1,85928} (0,42945)^2 + \frac{1}{1,69834}$$

$$[(-0,35654) \cdot 0,42945 + 0,34410]^2 + \frac{1}{0,32519}$$

$$1,49119 \cdot [-0,34410 - (-0,35654) \cdot 0,42945] + \\ + 0,88182 \cdot 0,42945 - 0,51696 \}^2 = 1,262$$

Середні квадратичні похибки зрівноважених параметрів

$$m_x = 0,022 \sqrt{1,262} = 0,025 \text{ м};$$

$$m_y = 0,022 \sqrt{6,757} = 0,057 \text{ м};$$

$$m_z = 0,0022 \sqrt{7,427} = 0,060 \text{ м}.$$

$$m_t = \frac{0,022}{299792458} \sqrt{3,075} = 0,129 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.

Пропонується раціональна методика визначення координат пункту і оцінка точності із GPS спостережень.

Аналіз основних досліджень і публікацій.

Програма №1 Розрахунки Кінець показників

Фпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	5	ХП4	9	ХПО	С/П	КХП 4	FL0	04	С/П	ХП0
10	ХП5	С/П	ХП1	С/П	ХП2	ПХ7	ХП3	ПХв	ХП4	ПП
20	68	В↑	ПХ6	ПХ3	↔	ХП6	ПХа	ХП4	ПХе	ХП5
0	ПП	68	/-/	ПХ6	+	ХП6	ПХ7	ПХ8	ХП7	↔
40	ХП8	ПХв	ПХс	ХП	↔	ХПс	ПХ0	ПХ1	ХП0	↔
50	ХП1	ПП	68	ПХ6	+	ХП6	ПХ7	ХП9	ПХв	ХПd
60	ПХ0	ХП2	ПП	68	/-/	ПХ6	+	С/П	ПХ3	ПХс
70	Х	ПХ4	ПХ8	Х	-	ПХ2	Х	ПХ5	ПХ8	Х
80	3	ПХ1	Х	-	ПХd	Х	+	ПХ4	ПХ1	Х
90	ПХ5	ПХс	Х	-	ПХ9	Х	+	С/П	Х	В/О
100	F	АВТ	Х							

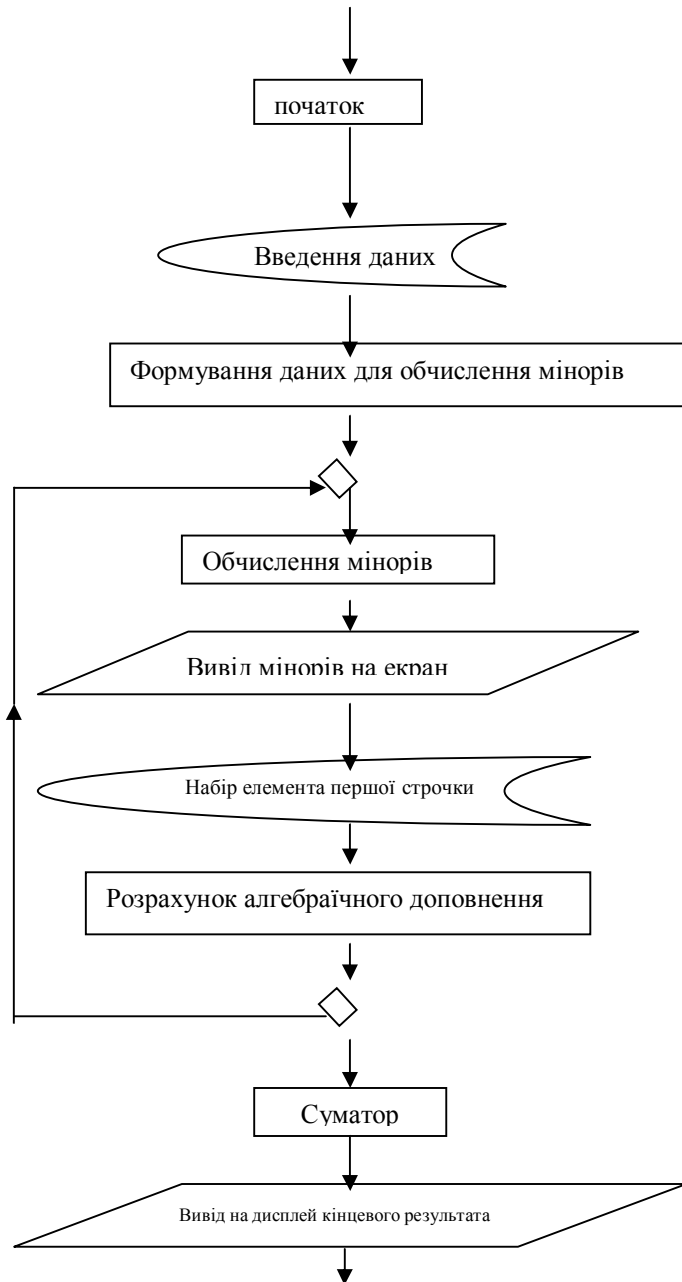
Для контролю обчислень за програмою скористаємося приведеними вище [2] формулами (1) і (3)

$$\Delta = \begin{Bmatrix} 6 & 3 & 0 & 3 \\ 4 & 4 & 2 & 1 \\ 0 & 4 & 4 & 2 \\ 7 & 7 & 8 & 5 \end{Bmatrix} = 6 \cdot 8 + 3(-16) + 3(-72) = -216,$$

$$A1 = \begin{Bmatrix} 4 & 2 & 1 \\ 4 & 4 & 2 \\ 7 & 8 & 5 \end{Bmatrix} = 8; \quad B1 = - \begin{Bmatrix} 4 & 2 & 1 \\ 0 & 4 & 2 \\ 7 & 8 & 5 \end{Bmatrix} = 16;$$

$$D1 = \begin{Bmatrix} 4 & 4 & 1 \\ 0 & 4 & 4 \\ 7 & 7 & 8 \end{Bmatrix} = -72.$$

Блок-схема програми



Для практичного розрахунку по розробленій авторами методиці використані дані, приведені в [3].

Приведемо відомий з математики [2] алгоритм рішення визначника розміром 4x4.

$$\Delta = \begin{pmatrix} a1 & b1 & c1 & d1 \\ a2 & b2 & c2 & d2 \\ a3 & b3 & c3 & d3 \\ a4 & b4 & c4 & d4 \end{pmatrix} = a1A1 + b1B1 + c1C1 + d1D1 \quad (1)$$

де A_1, B_1, C_1, D_1 – це алгебраїчні доповнення, тобто мінори, взяті зі своїм, або оберненим знаком

$$A_{ik}^{(I+k)} = M_{ik}(-1)$$

i - номер строки, k -номер стовпчика

$$A1 = \begin{pmatrix} b2 & c2 & d2 \\ b3 & c3 & d3 \\ b4 & c4 & d4 \end{pmatrix} \quad B1 = \begin{pmatrix} a2 & c2 & d2 \\ a3 & c3 & d3 \\ a4 & c4 & d4 \end{pmatrix}$$

$$C1 = \begin{pmatrix} a2 & b2 & d2 \\ a3 & b3 & d3 \\ a4 & b4 & d4 \end{pmatrix} \quad D1 = \begin{pmatrix} a2 & b2 & c2 \\ a3 & b3 & c3 \\ a4 & b4 & c4 \end{pmatrix} \quad (2)$$

